

AURÉLIO VINICIUS BORSATO

## **RENDIMENTO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DA CAMOMILA SUBMETIDA À SECAGEM EM CAMADA FIXA**

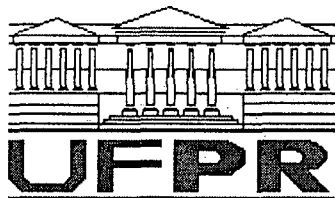
Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Doni Filho

Co-orientador: Prof. Dr. Obdúlio Gomes Miguel

CURITIBA

2006



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E FITOSSANITARISMO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
PRODUÇÃO VEGETAL

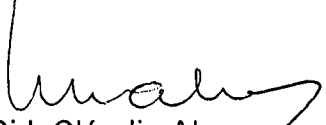
**PARECER**

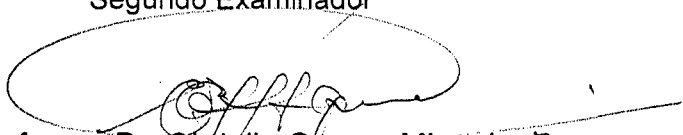
Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, reuniram-se para realizar a arguição da Tese de DOUTORADO, apresentada pelo candidato **AURELIO VINICIUS BORSATO**, sob o título "**RENDIMENTO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DA CAMOMILA SUBMETIDA À SECAGEM EM CAMADA FIXA**", para obtenção do grau de Doutor em Ciências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

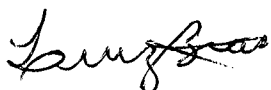
Após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato são de parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Tese.


Curitiba, 13 de Novembro de 2006.

  
Professora Dra. Maria do Carmo Vieira  
Primeira Examinadora

  
Dr. Dirk Cláudio Ahrens  
Segundo Examinador

  
Professor Dr. Obdulio Gomes Miguel  
Terceiro Examinador

  
Professor Dr. Luiz Antonio Biasi  
Quarto Examinador

  
Professor Dr. Luiz Doni Filho  
Presidente da Banca e Orientador

***Dedico***

*Aos produtores de camomila,  
Aos produtores de óleos essenciais,  
Profissionais, instituições afins,  
Consumidores e usuários destas  
matérias-primas e de seus derivados.*

*“O jovem é intrinsecamente motivado, em alto grau. O lado triste da maior parte da educação está em que, após a criança haver passado anos e anos na escola, essa motivação intrínseca está muito bem amortecida. Mas continua a existir, e nossa tarefa, como facilitadores de aprendizagem, é a de suscitar essa motivação, descobrir que desafios são reais para o jovem e proporcionar-lhe a oportunidade de enfrentá-los”. (Rogers, 1972).*

*“...não se pode formar personalidades autônomas no domínio moral se por outro lado o indivíduo é submetido a um constrangimento intelectual de tal ordem que tenha de se limitar a aprender por imposição sem descobrir por si mesmo a verdade: se é passivo intelectualmente, não conseguiria ser livre moralmente”. (Piaget, 1973).*

*“A neutralidade da educação é impossível, como impossível é, por exemplo, a neutralidade na ciência. Isso quer dizer que não importa se como educadores somos ou não conscientes, a nossa atividade desenvolve-se ou para a libertação dos homens ou para a sua domesticação. Se a minha escolha é a da libertação, a da humanização, é-me absolutamente necessário ser esclarecido de seus métodos, técnicas e processos que tenho de usar quando estou diante dos educandos. Isto passa-se deste modo precisamente porque estamos impregnados de mitos que nos tornam incapazes de desenvolver um tipo de ação a favor da liberdade, da libertação”. (Freire, 1975).*

*“...o aprofundamento da tomada de consciência, que precisa desdobrar-se na ação transformadora da realidade, provoca, com esta ação, a superação do conhecimento preponderantemente sensível daquela com que se alcança a razão da mesma. É uma apropriação que faz o homem da posição que ocupa no seu aqui ou agora, do que resulta (e ao mesmo tempo produz) o descobrir-se em uma totalidade, em uma estrutura, e não “preso”, ou “aderido” a ela ou às partes que a constituem. Ao não perceber a realidade como totalidade, na qual se encontram as partes em processo de interação, se perde o homem na visão “focalista” da mesma. A percepção parcializada da realidade rouba ao homem a possibilidade de uma ação autêntica sobre ela”. (Freire, 2001).*

*“...percorrer um pedaço do caminho não é o mesmo que tomar o caminho errado...”. (Jostein Gaarder, 1995).*



*"A história humana foi e continua sendo aventura desconhecida, evoluindo a partir da desorganização seguida pela reorganização. Uma ação começa a escapar de suas intenções logo quando empreendida, sendo apossada pelo ambiente, podendo contrariar a intenção inicial. Esta ecologia da ação leva a assumir o acaso, o aleatório, a iniciativa, o inesperado, a consciência de derivas e transformações. Portanto, a estratégia é navegar por um oceano de incertezas, entre arquipélagos de certezas". (Morin, 2001).*

*"A definição operativa de sustentabilidade exige que o primeiro passo do nosso esforço de construção de comunidades sustentáveis seja a alfabetização ecológica, ou seja, a compreensão dos princípios de organização (redes), comum a todos os sistemas vivos, que os ecossistemas desenvolveram para sustentar a teia da vida". (Capra, 2002).*

*"...não é possível ao agrônomo-educador tentar a mudança das atitudes dos camponeses, em relação a qualquer aspecto (dos quais o conhecimento deles [que não se pode ignorar] se encontra em nível preponderantemente sensível) sem conhecer sua visão de mundo e sem enfrenta-la em sua totalidade". (Freire, 2001).*

*"Não serão raras as ocasiões em que o que é problema real para nós não o é para os camponeses, e vice-versa. Não são raras também as ocasiões em que os camponeses, apesar de sua base cultural mágica, revelam conhecimentos empíricos apreciáveis, em torno de questões fundamentais de técnicas agrícolas". (Freire, 2001).*

*"Todo ponto de vista é a vista de um ponto. Para entender como alguém lê, é necessário saber como são seus olhos e qual é a sua visão de mundo. Isso faz da leitura sempre uma releitura" Boff (1997).*

*"A cabeça pensa a partir de onde os pés pisam. Para compreender, é essencial conhecer o lugar social de quem olha. Vale dizer: como alguém vive, com quem convive, que experiências tem, em que trabalha, que desejos alimenta, como assume os dramas da vida e da morte e que esperanças o animam. Isso faz da compreensão sempre uma interpretação" Boff (1997).*

## AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Luiz Doni Filho, professor orientador, por renovar o voto de confiança, suporte técnico, amizade, dedicação e apoio em reflexões pessoais.

Ao Dr. Obdúlio Gomes Miguel, professor do Departamento de Farmácia, pela parceria interdisciplinar que resultou na co-orientação do presente estudo.

Aos professores do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal e do Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, pela oportunidade de compartilhar experiências, de modo interdisciplinar, durante o processo de ensino-aprendizagem.

À CAPES, e pela concessão das bolsas enquanto aluno regular. Também à CHAMEL IND. E COM. DE PRODUTOS NATURAIS LTDA., pela parceria com a UFPR, colocando à disposição toda sua infra-estrutura e recursos humanos, viabilizando a execução do presente estudo.

Ao Sr. Estefano Dranka, bem como sua família, pela presteza e gentileza com que me acolheram em sua casa durante a execução do presente estudo. Também pela amizade que ainda cultivamos. Obrigado.

Aos agora amigos, Lílian C. Côcco e André R. Lopes, representando o Laboratório de Análises de Combustíveis Automotivos – LACAUT, da UFPR, bem como ao Dr. Cícero Deschamps, professor da UFPR, pela significativa contribuição que viabilizou a execução das análises cromatográficas do presente estudo.

À pesquisadora Dra. Miroslava Rakocevic pelo incentivo e apoio técnico.

Ao Centro de Microscopia Eletrônica, da UFPR, bem como à Luciane Rozwalka, pelo apoio técnico para a execução das avaliações microscópicas no presente estudo.

Ao Professor Dr. Evandro de Castro Melo (UFV) e à Professora Concetta Vazzana (UNIFI - Itália) e toda sua equipe de trabalho, pelo apoio e acolhida nestas instituições.

À Francieli Guimarães Sautchuk, Márcio Nazaré Spinardi e aos demais familiares pela paciência, compreensão, incentivo, apoio e, principalmente, pelo companheirismo.

Ao pessoal do Setor Agrárias da UFPR, em especial à Lucimara Antunes, Maria de Lourdes da Silva Wos e Maria Emilia Kudla, pelo apoio, hospitalidade e amizade.

A todos os colegas alunos da pós-graduação que compartilharam derrotas e vitórias. Enfim, àqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

## BIOGRAFIA DO AUTOR

AURÉLIO VINICIUS BORSATO, filho de Candido Cesar Borsato e Tânia Mara Spinardi Borsato, nascido em Ponta Grossa, Estado do Paraná, aos 28 de outubro de 1977.

A atividade agropecuária como base econômica da minha família fez com que eu buscasse no curso de Técnico em Agropecuária (2º Grau) um aprendizado onde haveria de encontrar as soluções para os problemas vividos em nossa propriedade. Neste período, entre 1992 a 1994, comecei a perceber que as dificuldades da nossa realidade eram comuns entre os agropecuaristas não detentores de tecnologias há muito tempo geradas.

Ao constatar que eu estava habilitado apenas para executar práticas agrícolas reproduzindo conhecimentos gerados pela pesquisa, em 1995 iniciei o curso de Agronomia na Universidade Estadual de Ponta Grossa. O sonho de uma profissão digna e estar habilitado para inovar e encontrar soluções para os problemas encontrados na agricultura fez com que me apaixonasse pela pesquisa. Na graduação optei pela área de produção e tecnologia de sementes com apenas dois anos cursados. Com a ajuda de alguns professores ingressei como estagiário no IAPAR, desenvolvendo durante 2,5 anos trabalhos de iniciação científica na área de Produção Vegetal com ênfase em produção e tecnologia de sementes, apoiado pelo Programa Interno de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq). Como estagio curricular continuei desenvolvendo atividades de pesquisa em produção e tecnologia de sementes de cereais de inverno na Embrapa.

Em 1999, logo após a conclusão da graduação, objetivando o aprofundamento em conhecimentos técnicos adquiridos nas atividades acadêmicas e, principalmente, a capacitação para um pesquisador, desenvolvendo e exercitando a consciência crítica, candidatei-me a Mestre no Programa de Pós-graduação, área de concentração Produção Vegetal, da UFPR, com apoio dos profissionais orientadores nos estágios. Porém, pela indisponibilidade de vaga comecei desenvolver como aluno especial, meu trabalho experimental bem como grande parte dos créditos necessários.

Este período de relacionamento com o provável orientador do curso de mestrado possibilitou não somente a antecipação das atividades acadêmicas exigidas pelo curso como a garantia para ambas as partes do sucesso da dissertação a ser defendida, cujo tema embora estivesse relacionado a secagem, foi um tanto quanto diferente do que eu sempre desenvolvi nas atividades acadêmicas da graduação por estar relacionado a plantas

medicinais e aromáticas. Porém, o tema está diretamente relacionado com meus ideais por se tratar de algo alternativo tanto para produtores rurais quanto para usuários, valorizando os recursos naturais locais como a biodiversidade e a mão-de-obra familiar. É também um grande desafio porque há que se proporcionar um convívio harmonioso entre homem-natureza.

Tenho conquistado algo paralelo àquilo que sempre almejei, e que considero até mais importante, o desenvolvimento pessoal humano e ampliação de horizontes, facilitando a inter-relação profissional e o amadurecimento sócio-crítico. As disciplinas foram cursadas sem a preocupação de somar créditos, mas a de obter capacitação para atuar em produção vegetal, de modo geral, além do tema desenvolvido como experimento de dissertação. Evidentemente, torna-se impossível abranger todas as áreas compreendidas pela produção vegetal. Porém, fui cuidadoso para cursar a maioria das disciplinas referentes à fisiologia vegetal por se tratar da espinha dorsal da Agronomia e, conseqüentemente da produção vegetal.

Em relação ao trabalho de dissertação, ao superar o paradigma da temperatura do ar de secagem da camomila, foram constatados alguns fatos inesperados em relação à perda de óleo e de água durante o processo de secagem. Diante da dificuldade em explicá-los naquele momento, fui motivado a desenvolver um projeto de tese, durante o doutoramento, que culminou no presente estudo.

No Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, em nível de doutoramento, observei que tão importante quanto o saber fundamental para subsidiar o desenvolvimento e o aperfeiçoamento de tecnologias à exploração de espécies vegetais, é a abordagem dos aspectos sociais, econômicos e políticos que estejam envolvidos direta ou indiretamente com as tecnologias desenvolvidas. Aspectos estes que devem considerar não só a pesquisa como também o ensino e a extensão. O tipo de abordagem deve permitir a contextualização dos temas tratados, facilitando a conscientização dos alunos e conseqüentemente à sua capacitação para o exercício da atribuição dada pelo título ao qual são candidatos. Tal aspiração vai de encontro com a teoria do pensamento complexo, fundamentada numa abordagem holística e crítica, articulando os fatores relacionados a determinado tema, bem como suas inter-relações.

No período de abril a julho de 2006, fui contemplado com bolsa de doutorado sanduíche, pela CAPES. Junto ao “Corso di Master in Agricoltura Biologica”, do Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie (DISAT), da Università Degli Studi di Firenze (UNIFI), na Itália, sob orientação da professora Concetta Vazzana, tive a oportunidade de vivenciar algumas atividades acadêmicas, com base em princípios ecológicos, aplicadas aos

agroecossistemas italianos. O grupo interdisciplinar, por ela coordenado, vem produzindo ampla diversidade e quantidade de publicações que comprovam sua vasta experiência em temas como, por exemplo, indicadores de sustentabilidade, desenvolvimento rural, agroecologia, entre outros, tornando-se referência européia em ciências.

Atividades teóricas e práticas foram desenvolvidas de modo a conhecer e interagir com a realidade dos agroecossistemas italianos mais representativos, com base em princípios da agricultura biológica. O tema central abordado foi a “re-introdução de plantas medicinais, aromáticas e condimentares como aumento da biodiversidade em agroecossistemas”. Também foi possível conhecer algumas propriedades agrícolas e empresas italianas que se ocupam de plantas medicinais, aromáticas e condimentares. Conhecer e articular com pessoas envolvidas, direta ou indiretamente, com a produção, comércio e pesquisa em plantas medicinais foi muito gratificante e proveitoso.

Sobretudo, esta vivência contribuiu para as atividades de pesquisa desenvolvidas no Brasil. O aprimoramento técnico, desenvolvimento da consciência crítica e da abordagem holística e o conhecimento construído propiciará a escolha de estratégias de ação de baixo impacto ambiental, bem como a escolha de metodologias apropriadas que contemplem indicadores de biodiversidade almejando a sustentabilidade dos agroecossistemas brasileiros. Portanto, as contribuições serão muito além daquelas voltadas a presente tese.

Acredito que o presente estudo venha a contribuir nas dimensões social, científica e pessoal. Trata-se de uma opção política pessoal em desenvolver atividades voltadas à agricultura familiar, buscando sempre trazer subsídios para que se possa conciliar a produção agrícola com a preservação ambiental. Além disso, contribuir para o desenvolvimento de alternativas à atividade agrícola, no contexto sócio-econômico, promovendo qualidade de vida aos agricultores. Consequentemente, todos os integrantes da cadeia produtiva de plantas medicinais estariam sendo beneficiados.

Sobretudo, acredito na reforma do pensamento, àquela que gera um pensamento do complexo e do contexto, buscando a relação de inseparabilidade e as inter-retroações entre qualquer fenômeno e seu contexto, e deste com o contexto planetário. Na verdade, trata-se de um resgate da criança interior, no sentido de trazer a tona a curiosidade, o desejo de aprender, a liberdade de expressão, o desafio... Permitindo ao indivíduo reavaliar seus conceitos, seus valores e paradigmas, dentro do contexto planetário. Trata-se da não aceitação do pensamento tradicional, uma vez que essa maneira de pensar caracteriza-se por separar os objetos de seu contexto, as disciplinas umas das outras de modo a não ter que relacioná-las, impedindo assim de compreender o que está tecido em conjunto devido a falta de estímulo à reflexão ou pensamento crítico.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	xi
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	xii
<b>RESUMO</b> .....	xv
<b>ABSTRACT</b> .....	xvi
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2 CONTEXTUALIZAÇÃO</b> .....	5
2.1 VISÃO DO AUTOR .....	5
2.2 REVISÃO DE LITERATURA .....	17
2.2.1 Camomila .....	17
2.2.1.1 Características botânicas .....	19
2.2.1.2 Composição química .....	20
2.2.2 Óleos Essenciais .....	22
2.2.2.1 Óleo essencial da camomila .....	29
2.2.3 Secagem da Camomila .....	34
2.2.4 Secagem de Plantas Medicinais .....	39
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	48
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	56
4.1 PROCESSO DE SECAGEM EM CAMADA FIXA A 80° C .....	56
4.1.1 Curva de Secagem .....	56
4.1.2 Rendimento: .....	59
a) Óleo essencial da camomila .....	59
b) Água recuperada (condensado) .....	59
4.1.3 Composição Química: .....	61
a) Óleo essencial a partir de capítulos florais de camomila .....	61
b) Óleo essencial a partir da água recuperada (condensado) .....	64
4.2 PROCESSO DE SECAGEM EM CAMADA FIXA A 70° C .....	65
4.2.1 Curva de Secagem .....	65
4.2.2 Rendimento: .....	66
a) Óleo essencial da camomila .....	66
b) Água recuperada (condensado) .....	68
4.2.3 Composição Química: .....	69
a) Óleo essencial a partir de capítulos florais de camomila .....	69

b) Óleo essencial a partir da água recuperada (condensado) .....	72
4.3 PROCESSO DE SECAGEM EM CAMADA FIXA A 60° C .....	73
4.3.1 Curva de Secagem .....	73
4.3.2 Rendimento: .....	74
a) Óleo essencial da camomila .....	74
b) Água recuperada (condensado) .....	76
4.3.3 Composição Química: .....	77
a) Óleo essencial a partir de capítulos florais de camomila .....	77
b) Óleo essencial a partir da água recuperada (condensado) .....	80
4.3.4 Microscopia Eletrônica de Varredura em Capítulos Florais de Camomila .....	81
4.3.5 Propriedades Físico-químicas do Óleo Essencial da Camomila: .....	84
a) Perfil cromatográfico .....	84
b) Densidade Relativa, Solubilidade, Índice de Refração e Poder Rotatório .....	86
<b>5 CONSIDERAÇÕES GERAIS .....</b>	<b>89</b>
<b>6 CONCLUSÕES .....</b>	<b>103</b>
<b>7 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>104</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>115</b>

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1	- Médias (%) de teor de água, de rendimento e composição química do óleo essencial da camomila e da água recuperada, durante o processo de secagem em camada fixa a 80° C. Campo Largo, PR. 2003 .....	58
TABELA 2	- Médias (%) de teor de água, de rendimento e composição química do óleo essencial da camomila e da água recuperada, durante o processo de secagem em camada fixa a 70° C. Campo Largo, PR. 2004 .....	67
TABELA 3	- Médias (%) de teor de água, de rendimento e composição química do óleo essencial da camomila e da água recuperada, durante o processo de secagem em camada fixa a 60° C. Campo Largo, PR. 2005 .....	75
TABELA 4	- Valores de R <sub>f</sub> e colorações obtidas para manchas de óleo essencial de camomila seca a 60° C, por meio de Cromatografia de Camada Delgada (CCD), utilizando como fase móvel solução de Tolueno e Acetato de etila (97:3 v/v). Curitiba, PR. 2005 .....	85
TABELA 5	- Densidade relativa, solubilidade, índice de refração e poder rotatório do óleo essencial de camomila, bem como da água recuperada (condensado) em processo paralelo à secagem a 60° C. Curitiba, PR. 2005 .....	87
TABELA 6	- Médias de temperaturas (° C) do ar (Ambiente) e de secagem (A), em base seca (b. s.) e base úmida (b. u.), bem como temperaturas da massa (camomila), em base seca, monitoradas periodicamente nos pontos A, B, C, D, E e F do secador (Anexo 8.3), durante os processos de secagem em camada fixa a 60, 70 e 80° C. Curitiba, PR. 2005.....	91
TABELA 7	- Rendimento de secagem e consumo de serragem por percentual de água removida de capítulos florais de camomila submetidos ao processo de secagem em camada fixa a 60, 70 e 80° C. Curitiba, PR. 2005.....	94



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	- Fórmula estrutural das principais substâncias que compõem o óleo essencial da camomila [ <i>Chamomilla recutita</i> (L.) Rauschert]. FONTE: Dewick, 1997. ....	31
FIGURA 2	- Adaptações feitas ao secador para captação do vapor d'água em processo paralelo à secagem em camada fixa: a – exaustor (ventilador centrífugo); b – condensador; c – vaso Florentino. Campo Largo, PR. 2005 .....	49
FIGURA 3	- Processo de colheita e transporte da camomila: a – colheita mecanizada; b – caixas para transporte; c – recepção da camomila colhida; d – classificação. Campo Largo, PR. 2005 .....	50
FIGURA 4	- Monitoramento do processo de secagem em camada fixa de capítulos florais de camomila: a – termostato digital; b – flap entrada de ar ambiente; c - determinação do teor de água pelo método da estufa (Brasil, 1992); d – acondicionamento das amostras em geladeira. Campo Largo, PR. 2005 .....	51
FIGURA 5	- Determinação do teor de óleo essencial da camomila durante o processo de secagem em camada fixa: a - hidrodestilação, em Clevenger (Wasicky, 1963); b – leitura em escala graduada; c – identificação e acondicionamento. Campo Largo, PR. 2005 .....	52
FIGURA 6	- Equipamentos para determinação da composição química do óleo essencial da camomila obtido durante os processos de secagem em camada fixa: a – identificação, por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa (CG-EM); b – quantificação, por cromatografia gasosa e ionização de chama (CG-FID). Curitiba, PR. 2005 .....	53
FIGURA 7	- Microscopia eletrônica de varredura (MEV) em capítulos florais de camomila, durante o processo de secagem em camada fixa a 60° C: a – ponto crítico (BAL-TEC CPD – 030) e metalização (SCD 030 – Balzers Union FL 9496); b – suporte com amostra metalizada; c – visualização no MEV (JEOL JSM – 6360LV). Curitiba, PR. 2005 .....	55
FIGURA 8	- Teores médios de água e de óleo essencial de capítulos florais de camomila, durante o processo de secagem em camada fixa a 80° C. Campo Largo, PR. 2003 .....	57
FIGURA 9	- Volume de água recuperada (condensado) e seu teor de óleo essencial, durante o processo de secagem em camada fixa da camomila a 80° C. Campo Largo, PR. 2003 .....	60
FIGURA 10	- Composição química do óleo essencial de capítulos florais de camomila, durante o processo de secagem em camada fixa a 80° C. Curitiba, PR. 2003 .....	62
FIGURA 11	- Demais componentes químicos do óleo essencial de capítulos florais de camomila, durante o processo de secagem em camada fixa a 80° C. Curitiba, PR. 2003 .....	63

FIGURA 12	- Teor de camazuleno no óleo essencial de capítulos florais de camomila, durante o processo de secagem em camada fixa a 80° C. Curitiba, PR. 2003 .....	63
FIGURA 13	- Composição química do óleo essencial obtido a partir da água recuperada (condensado), durante o processo de secagem em camada fixa da camomila a 80° C. Curitiba, PR. 2003 .....	64
FIGURA 14	- Teores médios de água e de óleo essencial de capítulos florais de camomila, durante o processo de secagem em camada fixa a 70° C. Campo Largo, PR. 2004 .....	66
FIGURA 15	- Volume de água recuperada (condensado) e seu teor de óleo essencial, durante o processo de secagem em camada fixa da camomila a 70° C. Campo Largo, PR. 2004 .....	68
FIGURA 16	- Composição química do óleo essencial de capítulos florais de camomila, durante o processo de secagem em camada fixa a 70° C. Curitiba, PR. 2004 .....	70
FIGURA 17	- Demais componentes químicos do óleo essencial de capítulos florais de camomila, durante o processo de secagem em camada fixa a 70° C. Curitiba, PR. 2004 .....	71
FIGURA 18	- Teor de alfa-pineno no óleo essencial de capítulos florais de camomila, durante o processo de secagem em camada fixa a 70° C. Curitiba, PR. 2004 .....	71
FIGURA 19	- Composição química do óleo essencial obtido a partir da água recuperada (condensado), durante o processo de secagem em camada fixa da camomila a 70° C. Curitiba, PR. 2004 .....	72
FIGURA 20	- Teores médios de água e de óleo essencial de capítulos florais de camomila, durante o processo de secagem em camada fixa a 60° C. Campo Largo, PR. 2005 .....	74
FIGURA 21	- Volume de água recuperada (condensado) e seu teor de óleo essencial, durante o processo de secagem em camada fixa da camomila a 60° C. Campo Largo, PR. 2005 .....	76
FIGURA 22	- Composição química do óleo essencial de capítulos florais de camomila, durante o processo de secagem em camada fixa a 60° C. Curitiba, PR. 2005 .....	78
FIGURA 23	- Demais componentes químicos do óleo essencial de capítulos florais de camomila, durante o processo de secagem em camada fixa a 60° C. Curitiba, PR. 2005 .....	79
FIGURA 24	- Teor de cariofileno no óleo essencial de capítulos florais de camomila, durante o processo de secagem em camada fixa a 60° C. Curitiba, PR. 2005 .....	79
FIGURA 25	- Composição química do óleo essencial obtido a partir da água recuperada (condensado), durante o processo de secagem em camada fixa da camomila a 60° C. Curitiba, PR. 2005 .....	81

- FIGURA 26 - Microscopia eletrônica de varredura em capítulos florais de camomila submetidos à secagem em camada fixa a 60° C: A, B e C correspondem a capítulos florais, flores liguladas e flores tubulosas, respectivamente; os números de 0 a 15 correspondem aos tempos de secagem (h); TI, tricoma glandular intacto; TR, tricoma glandular rompido. Curitiba, PR. 2005 ..... 82
- FIGURA 27 - Perfil cromatográfico do óleo essencial de camomila seca a 60° C, por meio de cromatografia de camada delgada (CCD), utilizando como fase móvel solução de Tolueno e Acetato de etila (97:3 v/v): reveladores A (Vanilina Fosfórica (9:2) e B (Vanilina Sulfúrica (9:1)); amostras 1 (óleo essencial extraído a partir de capítulos florais) e 2 (óleo essencial extraído a partir da água recuperada em processo paralelo à secagem). Curitiba, PR. 2005 ..... 84

## RESUMO

A camomila é a espécie medicinal mais cultivada no mundo e também no Brasil, sendo a Região Metropolitana de Curitiba-PR onde se concentra a maior produção. As substâncias que compõem o óleo essencial possuem propriedades químicas peculiares que lhes conferem diferentes sensibilidades à exposição ao calor, possibilitando alterações que podem comprometer suas propriedades bioativas. Assim, ao submeter a camomila ao processo de secagem, a composição química do seu óleo essencial poderia ser influenciada, sob aspectos quantitativos e qualitativos. Sendo inevitável a volatilização do óleo essencial, durante o processo de secagem, as alterações nas substâncias voláteis arrastadas pelo vapor d'água poderiam ser nulas ou insignificantes. Isto possibilitaria a recuperação destas substâncias bioativas, em processo simultâneo à secagem, tornando-se mais uma opção de renda. Este estudo teve como objetivo avaliar o rendimento e a composição química do óleo essencial de camomila submetida à secagem em camada fixa, associando eficiência do processo e qualidade da matéria-prima. No município de Campo Largo – PR, num secador comercial em camada fixa, de uma empresa local, nas safras de 2003, 2004 e 2005, avaliou-se periodicamente a influência do processo de secagem a 80, 70 e 60° C na perda de água e de óleo essencial da camomila, bem como na sua composição química. Simultaneamente à secagem, o vapor d'água e as substâncias voláteis por ele arrastadas foram recuperados por condensação, sendo posteriormente quantificadas e identificadas. Os dados obtidos foram avaliados por meio de regressões polinomiais ( $P \leq 0,01$ ). Conclui-se que: a perda de água da camomila ocorre progressivamente durante o processo de secagem e é diretamente proporcional ao aquecimento da massa; a perda de óleo essencial da camomila é inevitável e ocorre durante todo o processo de secagem, sendo maior no início e menor no final do processo, desde que a massa de camomila seja devidamente aquecida já no início do processo de secagem; a concentração de camazuleno no óleo essencial da camomila diminui com o tempo de secagem a 80° C; as concentrações de alfa-pineno e cariofileno aumentam durante o processo de secagem a 70° C e a 60° C, respectivamente; os demais componentes do óleo essencial da camomila são influenciados apenas quantitativamente, durante o processo de secagem, sem comportamento peculiar em relação às condições de temperatura e tempo de secagem; é possível recuperar, em processo simultâneo de condensação, o alfa-bisabolol e seus derivados óxidos que compõem o óleo essencial da camomila; a água recuperada possui aspecto límpido, pH fracamente alcalino, aroma floral suave, adocicado, característico e densidade relativa menor que do óleo extraídos dos capítulos florais; embora o processo de secagem a 80° C seja mais eficiente em relação aos demais, somente a 60° C o rendimento de óleo essencial supera o mínimo (0,4%) estabelecido pela Farmacopéia Brasileira para que a camomila seja considerada droga vegetal.

Palavras-chave: *Chamomilla recutita* (L.) Rauschert, teor de óleo essencial, teor de água, alfa-bisabolol, camazuleno.

## ABSTRACT

Chamomile is the most cultivated medicinal plant in the world and, in Brazil, the largest production is concentrated on Curitiba Metropolitan Area-Parana state. The essential oil substances possess peculiar chemical properties with different sensibilities to the heat exhibition, making possible alterations that can commit their bioactive properties. Submitting the chamomile to the drying process, the essential oil chemical composition could be influenced, under quantitative and qualitative aspects. Being inevitable the volatility of the essential oil, during the drying process, the alterations in the volatile substances dragged by the steam of water could be null or insignificant. This would make possible the recovery of these bioactive substances, in simultaneous process to the drying, becoming one more option of income. The objective this study was to evaluate the essential oil yield and chemical composition of chamomile submitted to the fixed bed drying, associating process efficiency and produce quality. The fixed bed drying process (80°, 70° and 60° C) was periodically evaluated in local company, in the 2003, 2004 and 2005 harvest, on Campo Largo-Parana state. The water loss and essential oil chemical composition of the chamomile were evaluated. Simultaneously to the drying, the steam of water and the volatile substances for him dragged were recovered by condensation, quantified and identified. The obtained data were appraised through polynomial regressions ( $P \leq 0,01$ ). Concluded that:: the water loss of the chamomile happens progressively during the drying process and it is directly proportional to the heating of the mass; the essential oil loss is inevitable and it happens during whole the drying process, being larger in the beginning and smaller in the process end, since the chamomile mass is heated up already in the beginning of the drying process; the chamazulene concentration in the essential oil decreases with the time of drying to 80° C; the alpha-pinene and caryophyllene concentrations increase during the drying process to 70° C and 60° C, respectively; the other components of the essential oil are just influenced quantitatively, during the drying process, without peculiar behavior in relation to the drying temperature and time; it is possible to recover, in simultaneous process of condensation, the alpha-bisabolol and its derived oxides that compose the chamomile essential oil; the recovered water possesses limpid aspect, pH faintly alkaline, soft, sweetened, characteristic floral aroma and smaller relative density than of the flowerheads oil extracted; although the drying process to 80° C it is more efficient in relation to the others, only to 60° C the essential oil yield overcomes the minimum (0,4%) established for Brazilian Pharmacopoeia so that the chamomile is considered drug vegetable.

**Key Words:** *Chamomilla recutita* (L.) Rauschert, essential oil content, moisture content, alpha-bisabolol, chamazulene.

## 1 INTRODUÇÃO

A camomila (*Chamomilla recutita* L. Rauschert) destaca-se como a planta medicinal mais cultivada no mundo, cujo interesse comercial é sua inflorescência em forma de capítulo, que contém óleo essencial de importância terapêutica para fins medicinais, cosméticos, alimentares, entre outras, cujo mercado está em franca expansão. Há mais de um século, imigrantes europeus trouxeram para o Brasil o hábito de consumo desta planta, bem como as primeiras sementes e técnicas de cultivo.

O cultivo comercial desta espécie foi iniciado na região de Mandirituba – PR há 53 anos, e desde a instalação da empresa “Trinacria”, a comercialização da camomila foi monopolizada e o desenvolvimento de tecnologias não foi expressivo, durante o período em que atuou. Depois que outras empresas começaram a participar junto ao processo produtivo, principalmente com a instalação de secadores, importantes avanços foram conseguidos, conferindo a esta região a maior produção de camomila, a qual há sete anos se intitula como capital nacional da camomila. Além de Mandirituba, os municípios de São José dos Pinhais, Campo Largo e Araucária, todos da região metropolitana de Curitiba (RMC), têm produção significativa de camomila, o que confere ao Estado do Paraná a maior produção nacional desta espécie.

O cultivo da camomila, como opção de inverno, passou a ter participação importante como fonte de renda dos agricultores dessa região, juntamente com as espécies tradicionais cultivadas no verão. Desde então, no processo de domesticação dessa espécie exótica, a secagem artificial tornou-se uma operação fundamental no processo produtivo da camomila. Dentre os secadores utilizados, o modelo estacionário, do tipo “bandejão”, difundido pela Universidade Federal de Viçosa, foi o que atendeu aos anseios daquela época, em função, principalmente, de sua multiplicidade de uso e menor investimento, uma vez que a maioria dos agricultores é de baixa renda, utiliza mão-de-obra familiar e tem produção agrícola diversificada.

Considerando que a colheita da camomila é realizada com teor de água entre 80-90%, requer-se secagem imediata de modo, a garantir sua conservação, devendo ser artificial, pois as condições climáticas predominantes na RMC inviabilizam a secagem natural. A Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Paraná (EMATER/PR) recomenda aos agricultores secar a camomila em temperaturas entre 35-38° C, por se tratar

de uma espécie aromática, cujas propriedades terapêuticas são atribuídas às substâncias voláteis que constituem seu óleo essencial.

Embora não houvesse estudos condizentes com a realidade dos produtores paranaenses, essa recomendação foi prematuramente considerada pelos técnicos como uma maneira de garantir a qualidade do produto final em relação ao teor de princípio ativo, de modo a atender a razão pela qual a camomila era comercializada. Soma-se a isso a utilização de modelos de secadores rústicos, originalmente usados para a secagem de grãos e sementes de espécies não medicinais, os quais são desprovidos de sistema de monitoramento das condições de secagem.

Além disso, a forma de comercialização das inflorescências de camomila tem sido predominantemente a granel, cujos compradores são em sua maioria intermediários. Aliado à falta de fiscalização e organização dos produtores, esta intermediação tem sido um dos maiores gargalos do processo produtivo da camomila, pois além de forçar a queda do preço pago aos agricultores, desestimula a preocupação com o teor de óleo essencial, uma vez que a remuneração é função apenas da massa seca produzida.

Empiricamente, os agricultores constataram que a faixa de temperatura do ar de secagem, recomendada pelos técnicos, era impraticável diante da infra-estrutura disponível em relação ao volume de produção de camomila, tornando-se usuais temperaturas entre 60-110° C. Não havia monitoramento adequado das condições de secagem, principalmente da temperatura e velocidade do ar utilizado, e menos ainda da qualidade da camomila, principalmente dos seus teores de água e de óleo essencial.

O processo de secagem da camomila, assim como de outras espécies aromáticas, é complexo e continua influenciando diretamente a qualidade do produto final, principalmente em relação ao princípio ativo, cuja exigência farmacopeica é de um teor mínimo de 0,4%, para que seja considerada droga e, conseqüentemente matéria-prima adequada para a fitoterapia. No entanto, não constam valores relacionados à concentração de sua composição química. Diante da vulnerabilidade das substâncias que compõem o óleo essencial da camomila, tanto a fatores intrínsecos quanto a extrínsecos, é comum encontrar relatos na literatura relacionados a variações de rendimento e de sua composição química, tanto em seu habitat natural quanto em condições experimentais.

Estudos da cinética de secagem da camomila entre as safras de 2000 e 2002, indicam que o teor de óleo essencial da camomila é inevitavelmente reduzido durante esse processo, sendo a fase inicial onde ocorrem as maiores perdas. Assim como para a maioria das plantas medicinais, o processo de secagem da camomila ainda está precário, carente

de estudos mais específicos, a fim de gerar informações mais consistentes, atuais e adequadas à realidade do processo produtivo.

Tão importante quanto o teor de óleo essencial é a sua composição, pois dentre mais de 120 substâncias já identificadas, duas são majoritárias (camazuleno e alfa-bisabolol) e detentoras de propriedades mais bioativas. Assim como a quantidade, a qualidade do princípio ativo depende principalmente das condições de produção, épocas de colheita e operações de pós-colheita. Sobretudo, o efeito da temperatura e da luz na composição química do óleo essencial de camomila tem sido considerado como a principal causa de modificações quantitativa e qualitativa.

O metabolismo de muitos compostos secundários pode ser influenciado tanto no período pré-colheita quanto na pós-colheita. Tem sido constatado que a síntese de muitos compostos continua mesmo após a colheita resultando, principalmente, na sua degradação. As mudanças químicas estão direta ou indiretamente relacionadas com atividades oxidativas e fermentativas, designadas por oxidações biológicas. Torna-se, então, necessário desenvolver mecanismos para evitar estas mudanças que na maioria das vezes são indesejáveis. A secagem imediatamente após a colheita torna-se um processo fundamental na tentativa de conservar as propriedades originais dos produtos.

Os estudos que avaliam o rendimento e a composição de óleos essenciais durante o processo de secagem ainda são insuficientes para compreender os processos de síntese e degradação das substâncias químicas que os compõem. Particularmente para a camomila, tem sido difícil encontrar tais informações na literatura, especialmente para as condições brasileiras.

As substâncias químicas que compõem o óleo essencial possuem propriedades químicas peculiares que lhes conferem diferentes sensibilidades à exposição ao calor, possibilitando alterações químicas que podem até comprometer suas propriedades terapêuticas. Assim, ao submeter a camomila à diferentes temperaturas de secagem, a composição química do seu óleo essencial poderia ser influenciada de forma peculiar, sob aspectos quantitativos e qualitativos.

Poderiam então ser estabelecidas condições adequadas de secagem, que tornem nulas ou mínimas possíveis as alterações qualitativas e quantitativas das substâncias químicas que compõem seu óleo essencial. Dessa forma, seria possível obter matéria-prima de qualidade satisfatória, preservando as substâncias químicas majoritárias no produto seco, responsáveis pelas principais propriedades bioativas da camomila.

Sendo inevitável a volatilização do óleo essencial da camomila, durante o processo de secagem, as alterações nas substâncias voláteis arrastadas pelo vapor d'água, poderiam



ser nulas ou insignificantes. Isto possibilitaria a recuperação, em processo simultâneo à secagem, destas substâncias químicas, cujas propriedades bioativas não tenham sido comprometidas, tornando-se mais uma fonte de renda, além da matéria-prima seca.

Portanto, tornou-se de fundamental importância a continuidade dos estudos em relação ao processo de secagem, avaliando sua influência também na composição do óleo essencial da camomila, uma vez que suas substâncias constituintes têm propriedades físico-químicas peculiares e, conseqüentemente, podem ou não ser influenciadas de forma negativa pelas condições de secagem, de modo a não comprometer suas propriedades terapêuticas.

Desta forma, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar o rendimento e a composição química do óleo essencial da camomila submetida à secagem em camada fixa, enfocando eficiência de secagem e qualidade do produto seco. Os objetivos específicos foram: monitorar o processo de secagem da camomila; quantificar periodicamente a perda de água e de óleo essencial da camomila, durante o processo de secagem; determinar periodicamente a composição química do óleo essencial da camomila, durante o processo de secagem, identificando os componentes majoritários; caracterizar as propriedades físico-químicas do óleo essencial da camomila, durante o processo de secagem; estabelecer as melhores condições de secagem para a camomila; recuperar, em processo simultâneo à secagem, as substâncias voláteis arrastadas pelo vapor d'água; e caracterizar as propriedades físico-químicas do condensado.

## 2 CONTEXTUALIZAÇÃO

### 2.1 A VISÃO DO AUTOR

Neste item, ao expor uma análise, de forma integrada, tem-se como pretensão evidenciar a complexidade não só do processo de secagem da camomila, mas também de toda a cadeia produtiva das plantas medicinais. As informações geradas no presente estudo referem-se a um contexto amplo que limita suas extrapolações e que, por isso jamais deverão ser consideradas como *receita para outras realidades*.

O setor paranaense de plantas medicinais contribui com 90% do total produzido no país, envolvendo cerca de 850 produtores, dos quais 98% são considerados proprietários de pequenas áreas (1,2 hectares) e, conseqüentemente são de baixa renda. A maioria destes produtores depende de conhecimento e infra-estrutura de produtores mais privilegiados, o que onera ainda mais o custo de produção. Tanto os que dependem quanto aqueles que optam pela autonomia de produção tornam-se suscetíveis à falta de apoio político, técnico e econômico. Em relação à comercialização, são raros os produtores que conseguem contornar o problema da intermediação. Assim originam-se os diferentes sistemas produtivos agrícolas.

A produção de camomila ocorre em sistemas de produção que diferenciam-se predominantemente pelo número e tipo de espécies produzidas (diversidade), além da infra-estrutura disponível e do tipo de comercialização. Há sistemas em que a camomila é a única planta medicinal produzida, sendo considerada a melhor opção para a safra de inverno, enquanto que no verão há produção de grandes culturas como milho, soja e feijão. Ocorrem outros sistemas em que, além da camomila, há produção de outras espécies medicinais, inclusive na safra de verão. Isto evidencia que as informações aqui discutidas representam parcialmente o contexto do segmento produtivo de camomila.

Identificar a presença e a quantidade de princípios ativos é imprescindível para a utilização segura e eficaz de uma droga vegetal, seja de forma direta ou industrializada. Isto significa que a caracterização e padronização da qualidade da matéria-prima são procedimentos iniciais na produção de fitoterápicos. Assim, todos os esforços nesse sentido são primordiais.

No processo produtivo de uma espécie medicinal, aromática ou condimentar, todas as etapas podem influenciar a qualidade da matéria-prima obtida. Dentre estas etapas, a secagem tem comprometido sua qualidade, principalmente das aromáticas, por influenciar diretamente seus princípios ativos, de forma qualitativa e quantitativa.

O estudo da influência do processo de secagem na composição do óleo essencial da camomila está diretamente relacionado à obtenção de uma droga vegetal que contenha os princípios ativos, em quantidade satisfatória, responsáveis pelas propriedades terapêuticas para as quais é destinada. Trata-se de um trabalho inédito que valoriza qualitativamente a camomila cultivada na RMC, sendo referência para profissionais, acadêmicos, agricultores, usuários e outros relacionados direta ou indiretamente à cadeia produtiva de plantas medicinais.

A Farmacopéia Brasileira estabelece 0,4% de óleo essencial, em base seca (b.s.), como teor mínimo para a camomila, embora o potencial de produção desta espécie na RMC, pode chegar a 1,8%. Apesar deste potencial, a camomila produzida nesta região tem apresentado teor igual ou menor que o limite estabelecido pela farmacopéia. Este fato tem sido ignorado pelos produtores devido à falta de fiscalização, aliada a remuneração apenas pela massa seca produzida, principalmente quando comercializada aos intermediários.

Por outro lado, indústrias idôneas de fitoterápicos demandam de matérias-primas de melhor qualidade a fim de aumentar a eficiência de industrialização e prezar pela qualidade do produto industrializado. Algumas delas preferem importar matéria-prima a depender da produção nacional, mesmo que tenha maior custo, pois apesar do potencial de produção nacional, a oferta de produto de boa qualidade tem sido irregular não atendendo a demanda interna. A intermediação na comercialização ganha espaço ofertando produto com regularidade, porém de baixa qualidade. Pois ao concentrar a produção de camomila preferem ofertar um produto de qualidade intermediária a fracioná-los em baixa e boa qualidade. Conseqüentemente, não há valorização daqueles produtores dispostos a produzir com melhor qualidade.

Percebe-se, então, a falta de entrosamento direto entre produtores e indústria, o que evitaria a intermediação. Estima-se que se houvesse organização por parte dos agricultores, eles poderiam oferecer matéria-prima com quantidade e qualidade satisfatória e, conseqüentemente reivindicar melhor remuneração junto à indústria. Porém, é surpreendente a pouca ou falta de mobilização neste sentido, tanto de agricultores quanto de empresários, transparecendo demandar de um terceiro elemento para efetuar este entrosamento. Daí a facilidade com que os intermediários aproveitam-se da situação, causando caos neste setor.

A falta de organização acarreta indiretamente outras conseqüências como, por exemplo, a comercialização e desenvolvimento de novas tecnologias. Verifica-se, então, a existência de concorrência desleal, pouca valorização do produto, inadimplência dos compradores, entre outros, ocasionando desestímulo para melhoria da qualidade da camomila. Daí também a importância do ajuste da legislação visando a qualidade da matéria-prima comercializada, aliada à fiscalização que garanta seu cumprimento.

Assim a produção da camomila com qualidade é desestimulada, pois sua comercialização é realizada predominantemente a granel aos intermediários, os quais determinam o preço. Estes por sua vez repassam parte desta matéria-prima às indústrias sem controle de qualidade e outra parte é destinada ao varejo, a preços superestimados.

O baixo preço praticado desestimula o desenvolvimento e adoção de novas tecnologias em todas as etapas do processo produtivo, pois com menor margem de lucro aliado à falta de linhas de crédito, os produtores não têm condições para investir em assistência técnica e muito menos em pesquisas. Isto os obriga a contar apenas com suas experiências do cotidiano, uma vez que a assistência técnica e a pesquisa, do setor público, não têm atendido suas expectativas. Além disso, tem limitado o aprimoramento da qualidade da camomila, muito menos a agregação de valor a este produto, comprometendo o desenvolvimento sócio-econômico do meio rural e de seus dependentes.

As tecnologias disponíveis têm sido muito similares entre os produtores de espécies medicinais da RMC, assim como as práticas agrícolas utilizadas. Ao longo do tempo, percebe-se a lenta evolução do processo produtivo e, em alguns casos, um acentuado declínio, uma vez que o monocultivo da camomila tem propiciado o desenvolvimento de pragas e doenças significativas economicamente como, por exemplo, a mancha marrom. Há controvérsias em relação ao agente causal desse sintoma, pois enquanto na Itália foi identificado como *Peronospora radii* De Bary (Buonaurio *et al.*, 2003), no Brasil estudos preliminares (Anexo 12.1 a 12.4) indicam a probabilidade de ser *Alternaria multirostrata* (ESALQ/USP, 2003). Diante da falta de acompanhamento técnico e de tratamentos alternativos, os produtores tomam atitudes inadequadas e até proibidas como, por exemplo, a aplicação de agrotóxicos. Atitude esta que compromete sua própria saúde, além de causar impacto negativo ao ambiente em que vive.

Neste sentido, a questão ambiental tem sido colocada em segundo plano por parte dos agricultores, mesmo se tratando do cultivo de plantas medicinais, cujo consumo humano é realizado predominantemente de forma direta. Entretanto, o estudo e a implementação de alternativas agronômicas para as diferentes realidades devem ser realizados concomitantemente à conscientização dos agricultores em relação à viabilidade destas

práticas agrícolas do ponto de vista ambiental. Portanto, medidas proibitivas não devem ser impostas aos agricultores sem antes propor alternativas.

O acompanhamento técnico tem sido inexistente ou precário em todas as etapas do processo produtivo da camomila, comprometendo a frequência, a qualidade e, conseqüentemente, o preço do produto ofertado ao mercado. A pesquisa também tem sido omissa nessa questão, uma vez que não raramente tem ignorado a realidade do processo produtivo da camomila. Isto revela a falta de entrosamento entre pesquisador e usuário. Ou ainda, evidencia que a ação da extensão rural é inexistente ou está equivocada.

Por outro lado, evidencia-se grande diferença em relação à capacidade e motivação ao empreendedorismo por parte dos agricultores. Isto se reflete diretamente na tímida evolução do processo produtivo das plantas medicinais na RMC, em relação à geração de tecnologias. Enquanto poucos se dedicam à pesquisa e geração de tecnologias, a maioria simplesmente se apropria delas sem a devida contribuição em relação ao ônus bancado pelos primeiros.

Isto tem desestimulado a geração de tecnologias e a troca de informações entre os produtores, os quais se sentem injustiçados pela falta de reconhecimento e valorização de suas inovações. Assim, alguns agricultores têm sido considerados oportunistas por não investir em pesquisas locais e ao mesmo tempo dispor das mesmas tecnologias desenvolvidas por outros. Este impasse dificulta ainda mais a união e organização dos produtores, refletindo em atitudes individualistas. Raras são as mobilizações neste sentido.

Para compreender estas atitudes é necessário considerar a história de vida dos mesmos, pois é imprescindível considerar que os agricultores têm boas razões para fazer o que fazem. Dentre as principais razões, citam-se falsas expectativas, descaso, arbitrariedade, opressão e exclusão social. São conseqüências de experiências anteriores mal sucedidas. Estes são alguns motivos pelos quais a pesquisa, o ensino e a extensão estão desacreditados pela maioria dos agricultores, que não mais sustentam esperanças. É preciso reverter esta situação por meio da formação de profissionais dispostos a pensar junto com os agricultores, desenvolvendo uma relação dialógica e comunicativa.

Embora os agricultores estejam habituados a fazer uso de pacotes tecnológicos gerados por empresas que visam apenas lucro, para o setor de plantas medicinais não se pode permitir que o mesmo erro seja cometido. Historicamente, a utilização destes pacotes tem ignorado a complexidade inerente aos processos produtivos agrícolas. Não seria diferente no caso das plantas medicinais, acarretando inúmeras conseqüências como, por exemplo, a exclusão social, principalmente por envolver, em sua maioria, agricultores que utilizam mão-de-obra familiar. Embora alguns produtores reivindiquem as tecnologias em

forma de pacotes, justificado talvez pelo hábito adquirido depois da revolução verde, deve-se evitar esse procedimento que, baseado em experiências anteriores, sabe-se que é insustentável.

Por exemplo, a adoção do sistema de alimentação das fornalhas com serragem inicialmente causou grande repercussão entre os produtores por uma série de vantagens em relação a outros combustíveis, principalmente pelo menor impacto ambiental devido a diminuição na derrubada de matas para obtenção de lenha. Porém, atualmente esse sistema tem causado preocupação aos seus usuários pela indisponibilidade de serragem em função da excessiva demanda causada pela adoção maciça desta tecnologia. Isto tem gerado inúmeros contratempos aos produtores que não podem contar com esse combustível quando mais precisam, mesmo pagando mais caro por ele. Esta situação pode vir a inviabilizar a produção de espécies medicinais na RMC num futuro breve. Isso evidencia a carência de estudos mais complexos com abordagem sistêmica que considerem as possíveis influências no sistema produtivo como um todo quando da adoção de tecnologias. Dessa forma, ao solucionar um problema não causaria outros ainda piores.

Os órgãos e profissionais responsáveis pelo desenvolvimento e transferência de tecnologias agrícolas devem considerar a necessidade de adotar abordagens interdisciplinares em seus programas de pesquisa. Estes, por sua vez, devem considerar as condições reais dos agricultores, adotando abordagens sistêmicas, objetivando entender as inter-relações existentes entre as partes que constituem o todo. Também devem ser considerados o conhecimento e os hábitos locais, bem como a participação do agricultor como sujeito da reconstrução do conhecimento. O agricultor deve estar consciente de suas decisões e dos riscos inerentes a elas. Os recursos locais devem ser racionalmente explorados com o objetivo de ofertar aos produtores alternativas compatíveis com sua realidade, com acesso facilitado.

Este caos em que se encontra a produção de camomila, na RMC, parece estar diretamente relacionado principalmente à condição cultural dos indivíduos envolvidos, os quais desenvolvem comportamentos predominantemente individualistas. Observa-se a grande dificuldade de entrosamento entre eles, predominando sentimentos de desconfiança e competitividade.

A organização, seja associativa ou cooperativa, dos envolvidos no processo produtivo da camomila, assim como de outras plantas medicinais, deve ser considerada como a engrenagem motriz da cadeia produtiva de plantas medicinais, aromáticas e condimentares. É preciso unir forças para reivindicar melhores condições de produção, sob aspectos técnicos, políticos e socioeconômicos. Essa mobilização demanda

conscientização, organização, estratégias e formação de opinião pública, sendo indispensáveis a participação e apoio de agentes de ensino-aprendizagem que promovam uma educação libertadora. A promoção da educação libertadora deve contemplar, dentre outras, atividades de investigação a partir da realidade dos indivíduos envolvidos, de modo a evitar sua alienação. Neste sentido, o trabalho de tese proposto foi desenvolvido numa condição real do processo produtivo de um dos produtores de camomila, com representatividade na RMC.

Situada no município de Campo Largo (RMC) a CHAMEL Indústria e Comércio de Produtos Naturais Ltda., de propriedade do Eng. Agrônomo Estefano Dranka, há 14 anos oferece ao mercado mais de 40 espécies de plantas medicinais, incluindo perenes, sazonais, exóticas e nativas. A camomila destaca-se como a espécie mais cultivada, estando sua produção dentre as maiores do Estado do Paraná e, conseqüentemente do Brasil. A empresa apresenta toda infra-estrutura necessária ao processo produtivo das espécies medicinais, oferecendo 30 empregos diretos, nos níveis fundamental e superior de ensino, além do emprego da mão-de-obra familiar. Outras famílias são também beneficiadas quando vendem sua produção de plantas medicinais para a empresa. O proprietário e sua família destacam-se dos demais produtores da RMC pela hospitalidade, simpatia e presteza com que recebem todas as pessoas que visitam sua empresa. Daí, sua importância sob aspectos sociais, culturais e econômicos.

Assim como outros produtores de plantas medicinais, o Dranka, como é conhecido, desenvolve as próprias tecnologias com muita criatividade e perseverança, na medida em que os desafios vêm surgindo. Sendo referência nacional na produção de plantas medicinais, sua propriedade tem sido constantemente visitada por acadêmicos, profissionais, produtores, usuários, dentre outros pertencentes à cadeia produtiva de plantas medicinais. Assim, o conhecimento construído ali pode repercutir em âmbito nacional.

Dentre as tecnologias por ele desenvolvidas destaca-se a infra-estrutura de secagem que foi construída adaptando-se o modelo usado pelos fumicultores. Trata-se de um modelo estacionário, de fogo indireto, cujo combustível é serragem. Diferencia-se do “bandejão” por possibilitar a recirculação do ar aquecido, o qual é monitorado por sensores de temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido, inseridos logo após o trocador de calor. As leituras dessas temperaturas podem ser convertidas em dados de umidade relativa do ar, quando cruzadas em tabelas apropriadas.

O monitoramento das condições de secagem, principalmente das temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido, chamou a atenção do produtor pela facilidade e eficácia, além das boas perspectivas com as informações obtidas. Até então este monitoramento estava

sendo ignorado pelo produtor sob alegação de que desconhecia sua importância e utilidade. Assim, o processo de secagem da camomila naquelas condições começou a ser realmente entendido pelos envolvidos neste processo. Logo após alguns ajustes de temperatura do ar, quantidade de combustível e das características construtivas do secador, benefícios imediatos foram percebidos em relação à eficiência do processo de secagem e, também, em relação à qualidade da camomila, mesmo que ainda não especificamente sobre o princípio ativo.

O monitoramento pode ser executado pelo próprio produtor ou operador do secador, sendo necessário o estímulo de sua percepção e consciência crítica. Essas informações subsidiaram a realização de ajustes na infra-estrutura, dentre outros fatores, que embora tenham sido muito simples do ponto de vista de execução, foram significativos para aumentar a eficiência do processo de secagem. Em consequência, o custo de secagem foi influenciado, constatando-se a diminuição do consumo de combustível e a otimização da mão-de-obra e infra-estrutura. Com isto, a colheita e a classificação podem ser melhor escalonadas de modo a adequá-las ao melhor horário, preservando a qualidade da camomila. Todas essas variáveis estão diretamente relacionadas com as condições climáticas no momento da secagem, que não devem ser ignoradas. Cada processo de secagem deve ser considerado de maneira particular, sendo que o monitoramento simultâneo das variáveis é imprescindível para efetuar os devidos ajustes.

Em relação às propriedades físicas da camomila, também foram observados alguns benefícios imediatos após aquelas simples intervenções no processo de secagem. Ao final da secagem, a camomila apresentava coloração e aroma característico da espécie, o que dificilmente constata-se em processos de secagem anteriores. Além disso, o teor de umidade final da camomila pôde ser melhor controlado, mesmo que ainda por indicadores subjetivos (tato e visual), de modo que diminuísse a probabilidade tanto de desintegração dos capítulos florais pela secagem excessiva, quanto de desenvolvimento de microrganismos durante o armazenamento, pela secagem insuficiente.

Quando amostras coletadas foram destinadas à extração por hidrodestilação o rendimento médio obtido de óleo essencial indicou perdas de até 37% durante o processo de secagem, enquanto que na RMC é comum constatar perdas de até 70%, em que o teor final situa-se abaixo de 0,4% (b.s.). Isto poderia significar um diferencial na produção de camomila de modo a reivindicar sua maior valorização. A hidrodestilação também foi executada na propriedade rural, com a participação do produtor, evidenciando a simplicidade do processo. Encantado em ver pela primeira vez o óleo essencial de camomila, o produtor sentiu-se parte integrante dos responsáveis pela obtenção de matéria-



prima contendo níveis satisfatórios de princípio ativo. Principalmente quando observou a diferença de teor de óleo essencial entre as amostras de camomila antes e depois da secagem.

Percebendo o potencial de produção de óleo essencial de sua camomila, na ordem de 1,5% (b.s.) e ao comparar o valor de mercado deste produto em relação à camomila seca, o produtor começou a mobilizar-se para avaliar a possibilidade de extração de óleo essencial tanto da camomila quanto de outras aromáticas. Trata-se de uma nova linha de produção, devendo desconsiderar a produção de matéria-prima seca. Após efetuar alguns testes experimentais de extração de óleo essencial num sistema de destilação, do tipo alambique, o produtor decidiu locar uma unidade móvel de destilação por arraste a vapor de modo a realizar seu sonho de produzir óleo essencial.

Foram monitorados alguns dos processos de extração realizados para a camomila, com a participação do produtor. A continuidade desta atividade é função principalmente da comercialização do produto, o que tem demandado muito empenho do produtor devido a algumas restrições do mercado de óleos essenciais.

Na verdade, este sonho tinha alguns anos, pois na infra-estrutura de secagem foram feitas adaptações acrescentando mecanismos capazes de condensar o vapor gerado durante a secagem, principalmente na fase inicial do processo. Embora tenha obtido um condensado com perfume característico para cada espécie secada, o produtor desanimou porque jamais visualizou óleo nesta água, principalmente de cor azul como sempre se comentava para a camomila.

Coincidência ou não, tratava-se de idéias semelhantes às discutidas com o professor orientador durante o desenvolvimento do estudo que resultou numa dissertação de mestrado, em que foi constatado que a perda do óleo essencial era inevitável durante o processo de secagem naquelas condições. Assim, foi construída a hipótese de trabalho que, dando continuidade ao estudo anterior, indicava a possibilidade de recuperação do vapor d'água gerado na secagem da camomila, *supondo que neste condensado estariam as substâncias voláteis que compõem o óleo essencial.*

Embora o condensador estivesse desativado, ainda estava acoplado ao secador e sua utilização pôde ser reativada logo após o consentimento do produtor. Então, a proposta do trabalho de tese teve como objetivo avaliar o processo de secagem associando as características da camomila e do condensado em processo simultâneo. Em ambos os produtos análises qualitativas e quantitativas foram realizadas, com maior ênfase ao condensado por se tratar de um produto ainda não estudado.

Este produto apresentou resultados interessantes sob vários aspectos. Nele, foram detectadas substâncias voláteis que compõem o óleo essencial da camomila, inclusive algumas das majoritárias de maior importância terapêutica, o alfa-bisabolol e seus derivados óxidos. Um número menor de substâncias voláteis foi encontrado no condensado, indicando que este processo de condensação simultâneo à secagem assemelha-se ao processo de fracionamento químico do óleo essencial, que visa a separação e purificação de seus componentes. No condensado, visando sua caracterização, foram avaliadas algumas propriedades físico-químicas. Recentemente, testes preliminares foram feitos utilizando o referido produto no controle fitossanitário em sistemas de produção agrícolas e no tratamento de acne em humanos. Embora prematuros, os resultados são promissores tanto em utilização direta quanto como matéria-prima para formulações fitoterápicas.

Os resultados desta pesquisa, que têm sido acompanhados pelo produtor em primeira mão, ainda não são suficientes para indicar a viabilidade técnica de sua utilização. Portanto, há necessidade de prosseguir os estudos de modo a otimizar a obtenção deste produto e, após sua caracterização e avaliação técnica, buscar viabilidade econômica para sua exploração por meio de estratégias de *marketing*. Beneficiando não só aos produtores rurais, por meio de fonte alternativa de renda, mas também aos usuários por dispor de mais uma alternativa no tratamento terapêutico. Deve-se considerar também os benefícios relacionados à geração de empregos diretos e indiretos no contexto da cadeia produtiva das plantas medicinais, aromáticas e condimentares.

Entretanto, por tratar-se de processo e produto ainda não explorados, deve-se considerar a possibilidade de solicitação de patente desta inovação junto ao órgão responsável pelo direito de propriedade intelectual. Os idealizadores devem estar atentos à possibilidade de perder o direito à propriedade intelectual, uma vez que qualquer pessoa poderá requerê-la sob comprovação de processos ou produtos inéditos. É prudente, portanto, buscar informações junto aos órgãos competentes caso optem por proteger suas inovações de modo que não sejam exploradas indevidamente por terceiros sem seu consentimento.

Em algumas instituições públicas de ensino, pesquisa e extensão, como a UFPR, onde inúmeros trabalhos são desenvolvidos com financiamento a partir de verba pública, pode-se recorrer ao Núcleo de Propriedade Intelectual. Havendo interesse da instituição, esta se responsabilizará por todo o processo de patenteamento, inclusive arcando com todas as despesas, de modo que os benefícios da patente, quando da sua exploração, serão divididos em partes iguais entre idealizadores, departamento e instituição. Caso

contrário, a idéia poderá ser patenteada por qualquer pessoa, enquanto não se torne de domínio público.

Entretanto, principalmente nestas instituições, os recursos financeiros têm limitado o desenvolvimento das pesquisas. Por esta razão, parcerias público-privadas são importantes no sentido de viabilizar o desenvolvimento de pesquisas, que resultariam em patentes exploradas com viabilidade econômica e, conseqüentemente gerando dividendos para ambas as instituições. É importante frisar que para viabilizar estas parcerias são imprescindíveis a união e organização dos produtores rurais, em cooperativas ou associações, o que demanda um processo de conscientização dos mesmos. Cabe, portanto, o comum acordo entre as partes envolvidas, buscando legislação pertinente, de modo a prezar sempre pelo bem da sociedade.

A organização dos produtores rurais possibilita potencializar a produção de matéria-prima com qualidade, quantidade e preço, compatíveis com a demanda de mercado, nacional e internacional, podendo auferir maiores lucros em detrimento da intermediação. Isto depende da conscientização não só da indústria, mas também de consumidores ou usuários para que prestigiem a produção organizada e com controle de qualidade, evitando a compra de produtos não pertencentes a esta iniciativa. Há também que se regulamentar esta comercialização por meio de importantes ajustes na legislação atual, além de promover sua fiscalização de maneira rigorosa.

É também relevante considerar a complexidade metabólica inerente à própria camomila. É importante mencionar que o processo de secagem influencia e também pode ser influenciado pelos processos bioquímicos inerentes à camomila. A síntese e, principalmente, a degradação dos metabólitos são diretamente influenciadas pela temperatura e tempo de secagem, além das condições que antecedem este processo, podendo até comprometer suas propriedades terapêuticas.

Outro fator diretamente influenciado pela secagem é a atividade enzimática pela redução do teor de água da camomila, que por sua vez também influencia a degradação de metabólitos e as propriedades físicas das inflorescências. Estas atividades enzimáticas devem ser estabilizadas durante o processo de secagem a fim de manter as características originais da camomila, mesmo depois de acondicionadas em embalagens. O desenvolvimento de modelos ideais de equipamentos para secagem de plantas medicinais, principalmente as aromáticas, ainda é uma esperança dos produtores e um desafio para a ciência.

Outra consideração importante neste contexto é a coleta de sementes que originarão a próxima safra. Essa coleta normalmente é realizada por meio de varredura da parte de

baixo do secador, cuja denominação técnica é plenum. Está localizado logo abaixo da chapa metálica perfurada que serve de suporte ao produto que está sendo submetido à secagem. Ao longo do processo de secagem as sementes provenientes da desintegração do capítulo floral da camomila atravessam a chapa metálica, permanecendo no plenum com outras sujidades. As quais foram submetidas a condições mais extremas de temperatura e tempo de secagem, uma vez que a varredura não ocorre necessariamente após cada processo de secagem.

Isto pode comprometer a viabilidade e vigor destas sementes, que quando semeadas poderão originar plântulas não viáveis. Assim, o monitoramento do processo de secagem pode estar contribuindo para a viabilidade destas sementes, que devem ser varridas ao final de cada secagem. Por outro lado, estima-se que a exposição ao calor pode diminuir o inoculo do patógeno causador da mancha-marrom nos capítulos florais. Portanto, é necessário estudar a influência de tratamentos térmicos em sementes de camomila, visando maior viabilidade e menor incidência do patógeno.

Em síntese, como processo, a agricultura é uma combinação entre o material biológico, o contexto econômico, o ambiente, as técnicas e práticas de produção e as ferramentas de trabalho, situados em relação de escalas de tempo e espaço. O processo de produção agrícola mobiliza alguns componentes básicos como: humanos, mecânicos, edáficos e biológicos. Não é diferente para o processo de produção de plantas medicinais, aromáticas e condimentares.

É evidente que a condição sócio-cultural dos agricultores tem sido determinante no desenvolvimento técnico e econômico dos sistemas produtivos da camomila. Isto tem refletido na falta de visão sistêmica por parte dos agricultores e tem limitado a reivindicação coletiva por apoio político junto aos órgãos responsáveis pela legislação e fiscalização da produção e comércio de plantas medicinais. Conseqüentemente, assim como para outras plantas medicinais, a produção e comercialização da camomila encontram-se num completo caos, onde as partes do processo produtivo preferem trocar acusações a mobilizar-se para sua organização. O benefício mútuo tem dado lugar ao privilégio de poucos.

Neste sentido, percebe-se que os produtores de espécies medicinais, aromáticas e condimentares, predominantemente em pequena escala, infelizmente encontram-se num processo de marginalização. A produção em grande escala têm recebido muito mais apoio, tanto de instituições pública quanto da iniciativa privada, sob os aspectos tecnológico, econômico e político. Isto indica que o interesse econômico predominantemente tem ditado as regras para o setor produtivo, porém o lucro quase sempre se concentra na iniciativa

privada. É evidente que tem havido grandes incentivos para a produção daquelas espécies que além de depender de pacotes tecnológicos são exportadas em sua maioria com baixo valor agregado. A iniciativa privada, principalmente pelas multinacionais, tem sido favorecida por dominar a comercialização da tecnologia e de produtos industrializados, com maior valor agregado. É fundamental que se pense em atitudes e ações capazes de modificar este contexto de modo que a produção em pequena escala também seja favorecida em todos os aspectos.

Percebe-se então a complexidade do segmento produtivo de plantas medicinais no Estado do Paraná, assim como em nível internacional, apresentando diferentes realidades para um mesmo contexto. É preciso compreender melhor este contexto a partir de uma análise integrada do estudo de suas partes ou dimensões, visando interações autênticas nesta realidade. A demanda por pesquisa, ensino e extensão deve partir das realidades em que os agricultores se encontram.

Em nível de desenvolvimento rural, não se trata apenas de transferir a experimentação agrícola ao meio rural ou de adaptar o agricultor às técnicas propostas. Trata-se de construir as hipóteses de trabalho considerando-se mais profundamente as formas de exploração do espaço agrário, definidas pelas práticas de exploração do meio natural, historicamente desenvolvidas pela população rural que vive em determinado espaço geográfico, bem como as diferentes formas de organização da produção e as relações sociais estabelecidas entre os diferentes grupos sociais.

Os resultados obtidos neste trabalho podem estar sendo utilizados como subsídios para o entendimento da realidade de outros produtores de camomila da RMC, uma vez que os mesmos possuem similar tecnologia de secagem, desde que sejam respeitadas as limitações peculiares da realidade de cada sistema produtivo. Para aqueles que utilizam o secador do tipo “bandejão”, estima-se que por meio de algumas adaptações relativamente simples, o processo de secagem poderá ser monitorado. Com isso, as condições deste processo poderão ser ajustadas de modo a preservar as propriedades originais da camomila, viabilizando uma infra-estrutura que atualmente é encontrada na maioria dos sistemas produtivos da camomila.

Além disso, algumas questões discutidas aqui poderão contribuir para estimular a continuidade dos estudos sobre a influência da secagem na qualidade da camomila, assim como em outras espécies medicinais e aromáticas. Isto vale também para a possibilidade de obtenção do condensado.

A contribuição que pode ultrapassar os limites estaduais e também nacionais está relacionada à importância de se considerar cada caso de maneira particular, porém jamais

perdendo a visão do todo. Assim, o conhecimento construído numa realidade pode ser utilizado para outras realidades desde que seja reconstruído a partir da participação dos indivíduos envolvidos. A compreensão do todo depende da compreensão das partes, que por sua vez depende da compreensão do todo.

Diante desta complexidade, somente o pensamento complexo dá conta de entender a realidade e subsidiar estratégias de intervenções compatíveis com os anseios dos envolvidos neste contexto. Portanto, são imprescindíveis as atitudes interdisciplinares na pesquisa, ensino e extensão, de modo a resgatar o caráter humanístico da ciência, prezando pelo desenvolvimento da consciência crítica. O pensamento tradicional deve ser evitado por não se mostrar adequado a esta realidade. Somente uma equipe com caráter interdisciplinar poderá dar conta desta proposta, utilizando ferramentas apropriadas como, por exemplo, os diagnósticos com participação ativa da população rural.

Os efeitos do estudo proposto poderiam estar sendo subestimados ao desenvolver o pensamento tradicional, pois este ignora a contextualização de determinada ação e de suas conseqüências, o que comprometeria a percepção e o entendimento da realidade.

A crescente demanda da população por tratamentos terapêuticos naturais tem despertado grande interesse de indústrias de fitoterápicos na busca por novos produtos a base de plantas medicinais. Assim, órgãos de ensino, pesquisa e extensão também estão cada vez mais motivados a intervir neste setor que cresce em média 10% ao ano. Agricultores estão empenhados a adequar suas estruturas e práticas agrícolas, de modo a atender a esta demanda por quantidade e qualidade de matéria-prima. Portanto, espera-se que com apoio político as partes constituintes desta cadeia produtiva de plantas medicinais, produção, transformação e usuários, possam interagir com transparência, viabilidade, dignidade e sustentabilidade.

“Vive-se na ilusão quando se ignora a complexidade da vida.”

## 2.2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.2.1 Camomila

A camomila (*Matricaria chamomilla* L.), planta da família das Asteraceae (Compositae), teve sua nomenclatura botânica modificada para *Chamomilla recutita* (L.)

Rauschert (Corrêa Júnior, 1994; Kojic e Dajic, 1997). Sua utilização data da antiguidade, sendo mencionada nos trabalhos renascentistas, além de ser conhecida pelos romanos a partir do século XVI. A espécie foi levada ao México em épocas de conquistas e rapidamente foi expandida por todo o continente. Atualmente, está dispersa em todos os continentes onde seus constituintes têm sido amplamente utilizados com propósito terapêutico, cosmético e alimentício, o que lhe confere o título de planta medicinal mais cultivada no mundo. A parte utilizada para fins terapêuticos é constituída de capítulos florais secos que contém óleo essencial. Comumente também é conhecida como camomila-alemã, camomila-verdadeira, maçanilha, camomila-comum, camomila-vulgar e camomila dos alemães (Vender, 2001; Lorenzi e Matos, 2002).

A camomila, oriunda da Europa, norte da África e Ásia ocidental, foi trazida para o Brasil há mais de 100 anos por imigrantes e atualmente destaca-se como a planta medicinal mais cultivada, sendo o Estado do Paraná o pioneiro neste cultivo. No Município de Mandirituba, na Região Metropolitana de Curitiba (RMC), há aproximadamente 53 anos iniciou-se o cultivo comercial da camomila, abastecendo alguns Municípios e Estados vizinhos (Corrêa Júnior, 1994; Costa, 2001).

Entre outros, os municípios de São José dos Pinhais, Campo Largo e Araucária, também na RMC, têm produção significativa de camomila, o que confere ao Estado do Paraná a maior produção nacional desta espécie. Nesta região, o cultivo da camomila vem se destacando cada vez mais como um dos principais fatores de desenvolvimento sócio-econômico no meio rural, sendo em alguns casos a única fonte de renda de agricultores na safra de inverno. Cerca de 60 produtores são responsáveis por 90% da produção de camomila do Estado do Paraná. Em 2003 foram produzidas aproximadamente 500 toneladas de camomila, cujo valor ultrapassou 3,6 milhões de reais, representando 57% das espécies medicinais, aromáticas e condimentares produzidas no Estado (Corrêa Júnior e Scheffer, 2004).

Para a safra agrícola do ano de 2005, era esperado que a produção de camomila no Estado do Paraná aumentasse em volume devido a maior área cultivada em relação a safra passada (Souza, 2005). No entanto, devido às condições climáticas não satisfatórias e, conseqüentemente, à incidência da “mancha-marrom” nos capítulos florais da camomila, sua produção em 2005 provavelmente não tenha superado a da safra de 2004, a qual também foi influenciada negativamente por tais condições. Assim, estima-se que em 2004 e 2005 a produção de camomila no Estado do Paraná tenha sido inferior à registrada em 2003, que foi de 500 toneladas.

O cultivo da camomila aumenta a cada safra por ser considerado uma opção rentável para a safra de inverno no Estado do Paraná. Conforme relato de Souza (2005), estima-se que o custo de produção está em torno de R\$ 800,00 por hectare. O que significa um lucro de R\$ 3.750,00 por hectare, considerando uma produtividade média de 700 kg de massa seca por hectare e um preço de R\$ 6,5 por kg. No entanto, dados da Emater-PR mostram que o custo de produção situa-se em torno de R\$ 1.200,00 por hectare, considerando os custos fixos e as despesas de custeio desde a implantação da cultura até o processo de secagem (Corrêa Júnior e Scheffer, 2004). Diante de uma produtividade média de 400 kg por hectare e preço de R\$ 7,00 por kg, a Emater-PR estima um “lucro” de R\$ 1.600,00 por hectare.

A produção nacional de camomila está muito aquém da demanda interna fazendo com que seja uma das plantas medicinais mais importadas pelo Brasil (Corrêa Júnior e Schaffer, 2004), seja em função da exígua e/ou irregular oferta e/ou ainda da qualidade não satisfatória da matéria-prima.

#### 2.2.1.1 Características botânicas

Descrição macroscópica (Oliveira e Akisue, 1989; Oliveira *et al.*, 1991; Farmacopeia Brasileira, 1996; Drazic, 1997; Ivanovic *et al.*, 1997; Lorenzi e Matos, 2002): planta herbácea, anual, aromática, de até um metro de altura com folhas pinatissectas. Flores reunidas em capítulos longamente cônicos, com flores marginais liguladas e femininas. A lígula é branca, elíptica e oblonga. As flores internas são hermafroditas, de corola amarela, tubulosa, pentadenteada e com cinco estames com as anteras unidas; do tubo sobressai a ponta do estilete com dois estigmas recurvados. O receptáculo é nu, cônico e oco no seu interior. O involúcro é côncavo e formado de três fileiras de brácteas, as quais são lanceoladas, obtusas e amareladas. Fruto do tipo aquênio, cilíndrico. (Anexo 1).

Descrição microscópica (Oliveira e Akisue, 1989; Oliveira *et al.*, 1991; Farmacopeia Brasileira, 1996; Drazic, 1997; Ivanovic *et al.*, 1997; Bianchi e Pagiotti, 2003): o receptáculo, envolvido por epiderme, é constituído por parênquima fundamental que circunda grossos canais secretores de origem esquizogênica, que contém pequenas gotas oleosas de cor amarela. Feixes vasculares delicados podem ser observados nesta região. As brácteas do involúcro contêm um feixe vascular, acompanhado, em ambos os lados, por duas lâminas esclerosas que atingem a margem da bráctea e contêm curtas fibras canaliculadas; a superfície externa apresenta alguns pêlos glandulares, do tipo das *asteraceae*. Tricomas



glandulares bisseriados, com um pé de duas células e com cabeça formada por duas a quatro células por série, com cutícula bem expandida, formando vesícula onde se deposita óleo essencial. A epiderme superior das flores liguladas é papilosa, assim como as extremidades dos dentes do tipo das *asteraceae*. Ocorrem tricomas glandulares esparsos na epiderme da lígula, entre as nervuras e o tubo da corola, particularmente numerosos na débil constrição que corresponde a abertura da lígula. Na corola das flores tubulosas, as células da margem são sinuadas, face externa e margem com numerosos tricomas glandulares. O ovário exibe fileiras longitudinais de numerosos tricomas glandulares bisseriados, e apresenta na camada epidérmica, série de células pequenas, poliédricas, mucilaginosas, em forma de uma escada de corda, e células cristalíferas, com pequenas drusas de oxalato de cálcio. Aquênios com células produtoras de mucilagem e tricomas glandulares na superfície. Os grãos de pólen são triangulares-arredondados, com exina espinhosa, contendo três poros de germinação. (Anexo 2).

Por se tratar de estruturas frágeis, os tricomas glandulares tornam-se vulneráveis às condições externas, principalmente àquelas relacionadas aos processos de colheita, beneficiamento e secagem dos capítulos florais da camomila. Possivelmente, estes danos estariam contribuindo para a redução do teor de óleo essencial devido ao rompimento dessas estruturas e, conseqüentemente, volatilização e/ou degradação das substâncias químicas que o constitui.

#### 2.2.1.2 Composição química

As principais propriedades bioativas que fazem da camomila uma das plantas mais utilizadas na medicina popular devem-se à presença de substâncias químicas nos capítulos florais, que é a parte utilizada para fins terapêuticos. Nesta espécie, foram identificados mais de 120 constituintes químicos como metabólitos secundários, sendo 28 terpenóides, 36 flavonóides e 52 outros compostos com potencialidade farmacológica (Bustamante, 1987; Salamon, 1992; Ristic e Krivokuca-Dokic, 1997; Alonso, 1998). Os capítulos florais apresentam em sua composição: camazuleno, matricina, alfa-bisabolol, flavonóides, colina, cumarina, ácido málico, proteína, açúcares, lipídios e elementos minerais (Povh, 2000).

Esta composição química confere à camomila algumas propriedades bioativas, tais como: ansiolítica, antiinflamatória, antiséptica, anestésica, antibacteriana, fungicida, antiviral, imunoestimulante, calmante (Ugresic *et al.*, 1997; Vuleta e Sekulovic, 1997; Alonso, 1998). Além destas, a camomila tem sido usada na medicina popular também como

antiespasmódica, cicatrizante, carminativa, emenagoga e clareadora de cabelos, e ainda como aromatizante (Lorenzi e Matos, 2002).

Dentre os flavonóides presentes na camomila, a apigenina e a quercetina destacam-se como as substâncias mais importantes (Castro *et al.*, 2001; Dewick, 1997). Ao grupo das cumarinas pertencem a dioxicumarina, a umbeliferona e a herniarina. No grupo das resinas, destacam-se o triacontano e a fitosterina. Além destes, outras substâncias também se destacam, como por exemplo: ácido valeriânico, taninos, vitamina C, ácidos graxos, mucilagens, ácido salicílico, esteróides, fenóis, ácido angélico, 1,8-cineol, mucopolissacarídeos, ácido anti-hêmico, dentre outros.

Estas substâncias são provenientes da biossíntese de metabólitos secundários realizada a partir de rotas metabólicas específicas do organismo, ocorrendo uma estreita relação entre estas rotas e aquelas responsáveis pela síntese de metabólitos primários (Castro *et al.*, 2001; Dewick, 1997). Os metabólitos primários são precursores para a síntese dos metabólitos secundários, sendo estas reações catalisadas enzimaticamente. Há três principais precursores dos metabólitos secundários: ácido chiquímico, acetato e aminoácidos. Uma das principais características dos metabólitos secundários é a sua distribuição restrita na natureza, que se limita a uma espécie ou a espécies relacionadas, permitindo a ela se adequar às condições do ambiente (Andrade e Casali, 1999; Castro *et al.*, 2001).

Andrade e Casali (1999) relatam que muitas das reações envolvidas na biossíntese de metabólitos secundários, que na maioria são reversíveis, são catalisadas por enzimas de oxidação, redução, alquilação, hidrólise, hidroxilação, eliminação, etc., que utilizam de cofatores como adenosina trifosfato (ATP), coenzima A (CoASH) e nicotinamida adenina dinucleotídeo na forma oxidada ou reduzida ( $\text{NAD(P)}^+$  ou  $\text{NAD(P)H}$ ).

Diferentemente dos metabólitos primários, alguns dos metabólitos secundários normalmente não são essenciais ao organismo que os produzem (Mann, 1995). No entanto, a produção de metabólitos secundários não deve ser considerada como produção de material desprovido de significado. Estes compostos são resultados da especialização celular e que suas manifestações em determinadas fases de desenvolvimento do organismo que os produzem, se devem à expressão diferencial dos genes (Castro *et al.*, 2001). Na maioria das vezes, têm funções muito importantes, provavelmente específicas, tais como: ecológica, fisiológica, nutricional, defesa, atração, etc.

Vários estudos têm mostrado que, além de fatores intrínsecos, estes compostos são vulneráveis às condições externas, sejam fatores abióticos ou bióticos (Mann, 1995; Andrade e Casali, 1999; Pocá, 2005). Tem sido observado que esta influência pode ser

tanto negativa quanto positiva, quantitativa e qualitativamente. Consequentemente, suas propriedades bioativas também podem ser influenciadas. Isto tem sido motivo de muitos estudos em diversas áreas. Esta preocupação é ainda maior para aquelas espécies que têm sido cultivadas para obtenção destes compostos metabólicos, o que tem motivado muitos estudos sobre os aspectos agronômicos (Gottlieb e Kaplan, 1993; Andrade e Casali, 1999; Simões e Spitzer, 1999; Silva e Casali, 2000; Castro *et al.*, 2001).

Estudos indicam que o metabolismo secundário pode ser influenciado tanto no período pré-colheita quanto na pós-colheita, a partir de alterações nos processos de síntese e degradação de suas respectivas substâncias químicas (Kays, 1991). Muitas destas alterações nem sempre são desejáveis, pois podem comprometer suas propriedades terapêuticas.

Dentre os metabólitos secundários os alcalóides e os terpenos são os compostos com maiores potencialidades para atividade farmacológica (Andrade e Casali, 1999). Assim, vários estudos têm sido voltados ao grupo dos óleos essenciais.

### 2.2.2 Óleos Essenciais

Os óleos essenciais são encontrados sob a forma de misturas complexas com muitos constituintes, contendo proporções variáveis de ésteres, éteres, álcoois, fenóis, aldeídos, cetonas e hidrocarbonetos de estrutura aromática ou terpênica (Povh, 2000; Simões e Spitzer, 1999). A maioria deles é constituída de derivados fenilpropanóides ou de terpenóides. Os terpenóides, constituintes predominantes dos óleos essenciais, distribuem-se amplamente na natureza e são encontrados em abundância nas plantas superiores. Constituem uma grande variedade de substâncias vegetais, sendo que esse termo é empregado para designar todas as substâncias cuja origem biossintética deriva de unidades do isopreno (Salisbury e Ross, 1992; Robbers *et al.*, 1996). Estes hidrocarbonetos também podem ser classificados como monocíclicos (2 ligações duplas), bicíclicos (1 ligação dupla) e tricíclicos (saturados), conforme relatos de Costa (1975).

A unidade isoprênica se origina a partir do ácido mevalônico. O mevalonato é formado da condensação de uma unidade da acetoacetyl-CoA com uma molécula da acetyl-CoA. Após a condensação aldólica, ocorre uma hidrólise originando a 3-hidróxi-3-metilglutaril-CoA que é reduzida a mevalonato, numa reação irreversível. O mevalonato é então convertido em isopentenil-pirofosfato (IPP), ou isopreno ativo, a unidade básica na formação dos terpenos e esteróides. Descobriu-se a pouco que o IPP também pode ser

formado a partir de intermediários da glicólise ou do ciclo de redução fotossintética do carbono, através de um conjunto de reações denominado de rota do metileritritol fosfato, que ocorre nos cloroplastos e outros plastídeos. Embora nem todos os detalhes tenham sido esclarecidos, o gliceraldeído-3-fosfato e dois átomos de carbono derivados do piruvato parecem se combinar para formar um intermediário que, eventualmente, é convertido em IPP (Salisbury e Ross, 1992; Di Stasi, 1996b; Taiz e Zeiger, 1998; Santos, 2000).

A polimerização do mevalonato vai originar moléculas de cadeias carbonadas crescentes de cinco em cinco átomos de carbono (Costa, 1975; Dewick, 1997; Simões e Spitzer, 1999). A molécula de isopentenil-pirofosfato e seu isômero dimetilalil-pirofosfato formam trans-geranil-pirofosfato, a partir do qual se formam os demais terpenos. Novas ligações cabeça-cauda entre trans-geranil-pirofosfato e isopentenil-pirofosfato resultarão em sesqui e diterpenos. Já a ligação cabeça-cabeça entre duas moléculas de farnesil-pirofosfato dará origem ao esqualeno, o precursor da maioria dos triterpenos e esteróides.

Mono e sesquiterpenos são as principais substâncias que compõem as misturas chamadas de óleos voláteis. Os triterpenos originam-se da ciclização do esqualeno, enquanto os esteróides podem ser considerados metabólitos dos triterpenos (Dewick, 1997; Santos, 2000). Robbers et al. (1996) relatam que as características fundamentais dos monoterpénóides são a volatilidade e o odor intensamente pungente, sendo eles os componentes mais comuns de plantas responsáveis por fragrâncias e aromas. Conseqüentemente, é grande o interesse comercial por esses compostos, com vistas à produção de óleos voláteis na indústria de perfumes e fragrâncias e à produção de especiarias e de ervas empregadas em culinária, na indústria de alimentos e condimentos. Um óleo volátil produzido por um vegetal pode ter poucos componentes predominantes, mas pode ter até cinquenta outros monoterpénóides, presentes em quantidades menores.

Os sesquiterpenóides têm grande distribuição na natureza e formam a maior classe de terpenóides. Entre os primeiros sesquiterpenos isolados de fontes naturais estavam o  $\beta$ -cadineno, do óleo de zimbro e o  $\beta$ -cariofileno, do óleo de cravo-da-índia. O ácido abscísico é um sesquiterpenóide que constitui um hormônio vegetal essencial, destinado a controlar o crescimento e o desenvolvimento. São substâncias líquidas, relativamente pouco estáveis, de pontos de ebulição elevados e tensões de vapor pequenas e, por isso, de difícil separação pelo processo de destilação por vapor d'água (Costa, 1975). Esta característica acentua-se nos terpenóides mais oxigenados, sólidos e sublimáveis.

Budel (2003) analisou o óleo essencial de quatro espécies de *Baccharis* e afirmou que em todos os óleos há uma predominância de compostos sesquiterpênicos, embora exista uma variação nas quantidades destes em cada espécie. A substância predominante

parece ser o sesquiterpeno espatulenol encontrado em 14,17% em *B. dracunculifolia*, 4,81% em *B. articulata*, 1,94% em *B. cylindrica* e 21,27% em *B. gaudichaudiana*; os outros sesquiterpenos, como  $\beta$ -cariofileno, germacreno D e  $\delta$ -cadineno, também estão presentes em considerável proporção.

Embora a constituição química dos óleos essenciais seja muito diferenciada, têm algumas propriedades físicas em comum. Possuem odores característicos, alto índice de refração e a maioria é opticamente ativa, sendo sua rotação específica muitas vezes uma propriedade útil do ponto de vista de caracterização (Simões e Spitzer, 1999). Via de regra, os óleos voláteis são imiscíveis com água, mas são solúveis em éter, álcool e na maioria dos solventes orgânicos.

Independentemente de sua composição química, óleos essenciais são depositados em estruturas anatômicas que evoluíram de células oleíferas, cavidades e canais secretores a tricomas glandulares em algumas famílias como a *Asteraceae* (Gottlieb e Salantino, 1987). Contudo, podem ocorrer em estruturas secretoras especializadas, tais como tricomas glandulares em *Lamiaceae*, células parenquimáticas em *Lauraceae*, *Piperaceae* e *Poaceae*, como em canais oleíferos em *Apiaceae* ou em bolsas lisígenas e esquizolizígenas em *Pinaeaceae* e *Rutaceae*.

Os óleos voláteis podem estar estocados em certos órgãos, tais como nas flores (camomila, laranjeira, bergamoteira), folhas (capim-limão, eucalipto, louro), nas cascas dos caules (canelas), madeira (sândalo, pau-rosa), raízes (vetiver), rizomas (cúrcuma, gengibre), frutos (anis-estrelado, funcho, erva-doce) ou sementes (noz-moscada). Óleos voláteis obtidos de diferentes órgãos de uma mesma planta podem apresentar composição química, características físico-químicas e odores distintos (Simões e Spitzer, 1999).

Os óleos essenciais podem ser utilizados na indústria da perfumaria, de bebidas e alimentos, química e farmacêutica e produtos de transformação. São misturas de substâncias orgânicas voláteis, de consistência semelhante ao óleo, caracterizados por um conjunto de propriedades, dentre as quais se destacam: cheiro, sabor e elevada concentração. Desde a pré-história, nossos antepassados utilizavam essas substâncias com finalidades diversas (Otte, 1994). Assim, os óleos essenciais não são novidades, não se tratando também de um modismo; trata-se de uma colheita antiga e permanente da natureza generosa aliada à aspiração humana de uma vida mais saudável (Worwood, 1995).

Os óleos essenciais encontram-se nas plantas sob a forma de complexos, cujos componentes se completam e reforçam a sua ação sobre o organismo. Mesmo quando a planta medicinal possui somente um componente predominante, este apresenta um efeito

benéfico superior ao produzido pela mesma substância obtida por síntese química. Worwood (1995) e Davis (1996) citam várias propriedades medicinais atribuídas aos óleos essenciais, sendo as principais: adstringente, analgésico, antidepressivo, antipirético, antiviral, bactericida, bacteriostático, béquico, citofilático, desodorante, estimulante, fungicida, fungistático, imunoestimulante. Entretanto, a avaliação desses compostos com finalidades diversas, como, por exemplo, no controle de microrganismos patogênicos de plantas cultivadas, ou ainda como herbicida natural, é recente, visto que são poucos os trabalhos nesse campo.

Simões e Spitzer (1999) citam algumas ações farmacológicas clássicas para os óleos essenciais, tais como anestésica (mono e sesquiterpenos), analgésica (sesquiterpenos), anti-helmíntica (mono e sesquiterpenos), antiinflamatória (mono e sesquiterpenos), expectorante (monoterpenos) e sedativa (mono e sesquiterpenos). Porém, alguns óleos essenciais possuem ações farmacológicas bastante específicas, como por exemplo, o camazuleno da camomila que é antiinflamatório.

A função dessas substâncias nas plantas tem sido amplamente debatida, havendo alguma concordância em que se trata de substâncias de defesa da planta. Carneiro e Fernandes (1996) citam que, em ambientes adversos, as plantas “escolhem” onde aplicar mais sua energia e seus recursos. Na reprodução, no crescimento ou na produção de compostos químicos para se defenderem dos insetos herbívoros, microorganismos patogênicos e outros inimigos naturais. Compostos secundários de plantas podem desempenhar muitos papéis nas interações plantas-herbívoros-predadores - a defesa é apenas um deles - pois podem ser usados para atrair polinizadores, para proteção contra a luz ultravioleta, como suporte estrutural e como estoque temporário de nutrientes, entre outras funções ecológicas. (Simões e Spitzer, 1999).

Conforme considerações de Scheffer *et al.* (2004) sobre os dados de exportação e importação de óleos essenciais, da SECEX, o Brasil é um grande fornecedor de óleo cítrico e seus derivados terpênicos. No entanto, desde 1998, embora os volumes de exportação superem, em muito, os de importação, houve uma inversão na balança em relação a ingressos devido a acentuada redução no preço do óleo essencial de laranja. Para o Estado do Paraná, a espécie mais importante continua sendo a menta japonesa, tanto na exportação quanto na importação de seu óleo. Esse Estado destaca-se também na participação em 10% das importações de óleos essenciais de outras plantas pelo Brasil. Isto revela o quanto o mercado de óleos essenciais, tanto no Brasil quanto no Paraná, poderá expandir nos próximos anos, uma vez que sua participação é de apenas 0,1% no mercado mundial de US\$ 1,8 bilhões ao ano (Barata *et al.*, 2006).

Em relação ao desempenho do comércio exterior brasileiro de óleos essenciais, tanto o volume quanto o preço por tonelada decresceram, no período de 2003 a 2005, passando de 69.521 t para 59.745 t e de US\$ 1.649,64 para US\$ 1.275,72, respectivamente (Fernandes, 2006). Dentre os principais óleos exportados pelo Brasil, destacam-se: óleo de laranja (51%), subprodutos terpênicos (29,4%), de limão (4,3), solução aquosa (2,94%) e óleo de pau-rosa (2,64%). Os principais países de destino são: EUA (40%), Países Baixos (11%), Reino Unido (6%), França (4%), Espanha (3%) e China (3%). Os principais Estados brasileiros exportadores são: São Paulo (91,4%), Rio Grande do Sul (2,6%), Amazonas (1,8%), Minas Gerais (1,2%) e Sergipe (0,9%).

Fernandes (2006) ainda mostra que ao contrário das exportações, as importações brasileiras de óleos essenciais mostram uma tendência de crescimento nos últimos anos, fechando o ano de 2004 com US\$ 62.802 milhões, o que representa apenas 0,66% das importações mundiais. Os principais óleos importados pelo Brasil são: outros (30%), de menta japonesa (13%), de limão (12%), cítricos (8%) e menta "spearmint" (7%). As principais origens destas importações são: França (24%), EUA (12,5%), Paraguai (11,8%), Argentina (9%) e Vietnã (4%).

O Brasil é o quarto maior exportador de óleos essenciais com aproximadamente US\$ 98,5 milhões e ocupa o décimo lugar como importador com aproximadamente US\$ 42 milhões. Entretanto, em relação ao preço por tonelada de óleo essencial o Brasil recebe em torno de US\$ 1.340,00 enquanto paga US\$ 15.235,00 (Trade Map, 2005).

Isto indica que o mercado de óleos essenciais é promissor, principalmente para nações com elevada biodiversidade como, por exemplo, o Brasil. O potencial brasileiro é ainda maior quando se vislumbra um mercado de exportação não apenas da matéria-prima, mas também de produtos beneficiados e/ou transformados, de modo a obter maior agregação de valor. Neste sentido, o Estado do Paraná também apresenta elevado potencial para participar desse mercado, que é incipiente.

A composição do óleo essencial de uma planta é definida geneticamente, sendo geralmente específica para um determinado órgão e característica para o seu estágio de desenvolvimento, mas as condições do ambiente são capazes de causar variações significativas. Alguns aspectos determinantes da variabilidade são quimiotipos ou raças químicas, ciclo vegetativo, fatores extrínsecos e processo de obtenção. (Taiz e Zeiger, 1998; Simões e Spitzer, 1999; Castro *et al.*, 2001).

A composição dos óleos essenciais também pode ser influenciada pelos métodos de extração, os quais quando empregados de forma simplificada podem gerar produtos alterados e, conseqüentemente, ter suas propriedades bioativas comprometidas.

Atualmente, dispõe-se de tecnologia que permite extrair óleos essenciais com maior pureza e concentração. É o caso da extração por fluido supercrítico como, por exemplo, o gás carbônico.

Além do método, as condições operacionais empregadas para extração de um óleo essencial, poderão alterar suas características físico-químicas e também seus efeitos terapêuticos (Pohv, 2000). A labilidade dos constituintes dos óleos voláteis explica porque a composição dos produtos obtidos por arraste de vapor de água difere da mistura dos constituintes inicialmente presentes nos órgãos secretores do vegetal (Simões e Spitzer, 1999).

Durante o processo de destilação, a água, a acidez e a temperatura podem provocar a hidrólise de ésteres, rearranjos, isomerizações, racemizações e oxidações. Exemplos seriam da *Salvia esclareia* e o teor de esclareol no óleo extraído a baixas ou altas temperaturas ou ainda do óleo de bergamota que perde bergapteno (furanocumarina que causa manchas de pele) se destilado e não extraído por prensagem a frio das cascas. Métodos mais rápidos de extração, com o intuito de baratear o produto, poderá alterar drasticamente suas qualidades terapêuticas para um tratamento (Simões e Spitzer, 1999). O calor e a pressão usados no ato da extração podem, por exemplo, interferir na qualidade final do óleo essencial, pois no momento da extração as sensíveis moléculas de um princípio ativo podem ser quebradas e oxidadas em produtos de menor eficácia, ou às vezes até tóxico.

Em sua maioria, os óleos essenciais são obtidos por destilação a vapor ou hidrodestilação (Guenther, 1952; Otte, 1994; Ugresic *et al.*, 1997; Castro *et al.*, 1999; Povh, 2000). Neste método, eles são vaporizados quando a matéria-prima é submetida a uma corrente de vapor e a mistura dos vapores de óleo e água, ao condensar, separa-se em camadas, pela diferença de densidade.

Enquanto na hidrodestilação o material a ser destilado permanece diretamente em contato com a água em ebulição, no método por arraste de vapor a matéria-prima é colocada sobre uma placa perfurada, a certa distância do fundo do extrator, de modo a evitar o contato direto com a água em ebulição; ou ainda, pode-se introduzir vapor de água, gerado a partir de caldeiras ou autoclaves, em uma câmara de expansão do extrator, antes de passar pela placa perfurada, onde é colocada a matéria-prima. (Guenther, 1952; Simões e Spitzer, 1999; Castro *et al.*, 1999; Povh, 2000).

Este é o mais antigo método de destilação, o mais versátil, comercialmente é o mais usado no Brasil e, normalmente, é empregado como um processo artesanal por não



necessitar de elevados investimentos. Porém, alguns efeitos pejorativos à qualidade do óleo essencial são: hidrodifusão, hidrólise e decomposição pelo calor.

Para as drogas vegetais constituídas de óleo essencial, a Farmacopeia Brasileira (1996) preconiza que a principal determinação quantitativa é o doseamento deste óleo, extraído por arraste de vapor d'água, em aparelho do tipo Clevenger modificado, conforme Wasicky (1963). Assim, torna-se o método mais utilizado em nível experimental.

A relativa instabilidade das substâncias que compõem os óleos essenciais torna difícil sua conservação. As possibilidades de degradação são inúmeras e podem ser estimadas a partir da medição de alguns índices (peróxido e refração), da determinação de características físico-químicas (viscosidade, miscibilidade em álcool, poder rotatório), além da análise por cromatografia gasosa. A deterioração dos óleos essenciais reduz seu valor comercial, além de constituir um fator de risco por comprometer suas propriedades bioativas, possibilitando até mesmo toxicidade, alergias e dermatites quando da sua utilização para fins terapêuticos. Para reduzir o risco de degradação no armazenamento dos óleos essenciais deve-se utilizar frascos de pequeno volume, embalagens neutras, completamente cheios e hermeticamente fechados, que devem ser estocados a baixa temperatura e protegidos da luz. (Simões e Spitzer, 1999).

Assim, vários métodos podem ser usados para avaliar a qualidade, não apenas da matéria-prima mas dos óleos essenciais propriamente ditos. São classificados em organolépticos, físicos, químicos ou físico-químicos, cuja escolha depende do tipo e quantidade de amostra, do rigor analítico requerido e da infra-estrutura laboratorial disponível. A composição química dos óleos voláteis é muito complexa; por conseguinte, existe uma grande variedade de métodos.

A cromatografia é um método de separação de substâncias que baseia-se na migração diferencial destas entre fase móvel e fase estacionária. A fase estacionária pode ser sólida ou líquida e a fase móvel, líquida ou gasosa. A cromatografia em camada delgada (CCD) destaca-se como uma técnica bastante simples e segura de análise de substâncias químicas extraídas, por exemplo, a partir de vegetais. A migração das manchas, formadas a partir da presença de substâncias químicas, permite a comparação da medida de deslocamento (fator de retenção –  $R_f$ ), tamanho e coloração, podendo ser entre si ou com uma substância padrão (Ferri, 1996; Furlan, 1996).

A cromatografia gasosa é o método de escolha para separar e quantificar substâncias componentes de óleos voláteis. A identificação dos compostos individuais pode ser realizada por meio da comparação do tempo de retenção relativo da amostra com padrões. Para a quantificação é usado o método de normalização ou método do 100%, onde

o valor total das áreas de cada pico é considerado 100%. Maior segurança na identificação dos picos individuais e controle da pureza de um pico cromatográfico é por meio da cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas que, geralmente, indica a massa molecular e o padrão de fragmentação. O espectrômetro de massas ioniza as moléculas e separa íons de acordo com a razão  $m/z$  (massa/carga) e nos fornece um histograma das abundâncias relativas de íon individuais com diferentes razões massa/carga geradas por um composto em condições especificadas. Porém, os dados de retenção também devem ser considerados para aumentar a segurança na identificação. (Farmacopeia Brasileira, 1996; Ferri, 1996; Simões e Spitzer, 1999).

Na etapa de quantificação, o analista deve estabelecer a correlação entre o sinal do detector e quantidade do componente de interesse no caso de métodos cromatográficos instrumentais. Entre os sistemas usados para quantificação destaca-se a normalização pela simplicidade, em que as áreas de todos os picos são medidas e somam-se todas elas. O teor do composto é expresso como % composto  $A = (\text{área de } A / \text{área total dos picos}) \times 100$ . Este método é válido quando todos os compostos da fração injetada foram detectados. Fatores de resposta devem ser estabelecidos e usados para correção no caso de compostos para os quais o detector tenha sensibilidade diferente. É mais utilizado para séries homólogas onde a diferença na resposta pode ser considerada desprezível ou facilmente corrigida por um fator de resposta.

Os óleos voláteis apresentam ampla distribuição em vegetais superiores. Estimativas sugerem a sua ocorrência em 30% das espécies investigadas (Simões e Spitzer, 1999). Da mesma forma, estão presentes em muitas drogas vegetais, contribuindo para as suas características organolépticas e, principalmente, para as propriedades terapêuticas como, por exemplo, a camomila.

#### 2.2.2.1 Óleo essencial da camomila

As substâncias químicas que constituem o óleo essencial da camomila estão localizadas em sua maioria nos canais secretores e glândulas (tricomas) multicelulares individuais que compõem a flor e o receptáculo do capítulo floral. Dentre os 28 terpenóides identificados no óleo essencial desta espécie, destacam-se o camazuleno e o alfa-bisabolol como as substâncias que apresentam propriedades mais bioativas, como por exemplo, antiinflamatória, antiséptica, imunoestimulante, calmante, antiespasmódica, cicatrizante, carminativa, emenagoga, etc.

Os terpenóides são os principais constituintes dos óleos essenciais. Suas unidades de isoprenos são derivadas do metabolismo do acetato a partir da rota do ácido mevalônico (Dewick, 1997; Klaus-Peter e Zapp, 1998). As estruturas químicas formadas podem conter esqueletos com cinco carbonos (hemiterpenos), dez (monoterpenos), quinze (sesquiterpenos), vinte (diterpenos), vinte e cinco (sesterterpenos), trinta (triterpenos) e quarenta (tetraterpenos). Assim como na maioria dos óleos essenciais, os monoterpenos e os sesquiterpenos são os principais componentes do óleo essencial da camomila, com maior predominância dos últimos (Figura 1).

Segundo a classificação relatada por Costa (1975), o 3-careno e o alfa-pineno são exemplos de hidrocarbonetos bicíclicos, sendo o último um dos componentes mais vulgares dos óleos essenciais. O farneseno é um hidrocarboneto acíclico, precursor de sesquiterpenos monocíclicos como, por exemplo, o bisaboleno e o bisabolol, o álcool correspondente (Anexo 3 e 4). Também são comuns os núcleos sesquiterpênicos bicíclicos, entre eles o cariofilano, sendo o cariofileno um de seus representantes. O camazuleno é um dos azulenos considerados sesquiterpenos particulares devido sua composição química e propriedades distintas. Estes são assim designados pela sua cor azul-escuro que predomina nas essências da qual são constituintes, mesmo em proporções diminutas. O camazuleno é formado a partir da desidrogenação (perda de gás carbônico) de sesquiterpenóides-perhidroazulênicos.

Assim, o camazuleno é um artefato resultante da ação do calor durante o processo de extração (Guenther, 1952; Dewick, 1997; Alonso, 1998). Deriva do proazuleno incolor e hidrossolúvel denominado matricina, a qual é uma lactona sesquiterpênica do grupo dos guaianólidos. Ocorre a partir de uma reação de eliminação de ácido acético e água e, então a descarboxilação até o derivado do azuleno, o camazuleno (Anexo 5). Este componente confere a cor azulada e a essência ao óleo da camomila.

Costa (1975) relata que os hidrocarbonetos são geralmente líquidos e seus pontos de ebulição variam entre 155-165° C (monoterpenos bicíclicos), 175-185° C (monocíclicos) e maiores que 250° C (sesquiterpenos).

Dada sua importância terapêutica, o óleo de camomila está entre os mais utilizados e, conseqüentemente, os mais valorizados óleos essenciais em nível internacional (Genamaz, 2006). Embora as informações a respeito não sejam tão acessíveis, estima-se que o preço pago pode variar entre R\$ 900,00 a R\$ 2.000,00 por quilograma de óleo essencial de camomila. Esta variação se dá em função de diversos fatores como: qualidade, quantidade, localização, dentre outros (Aromalandia, 2006).

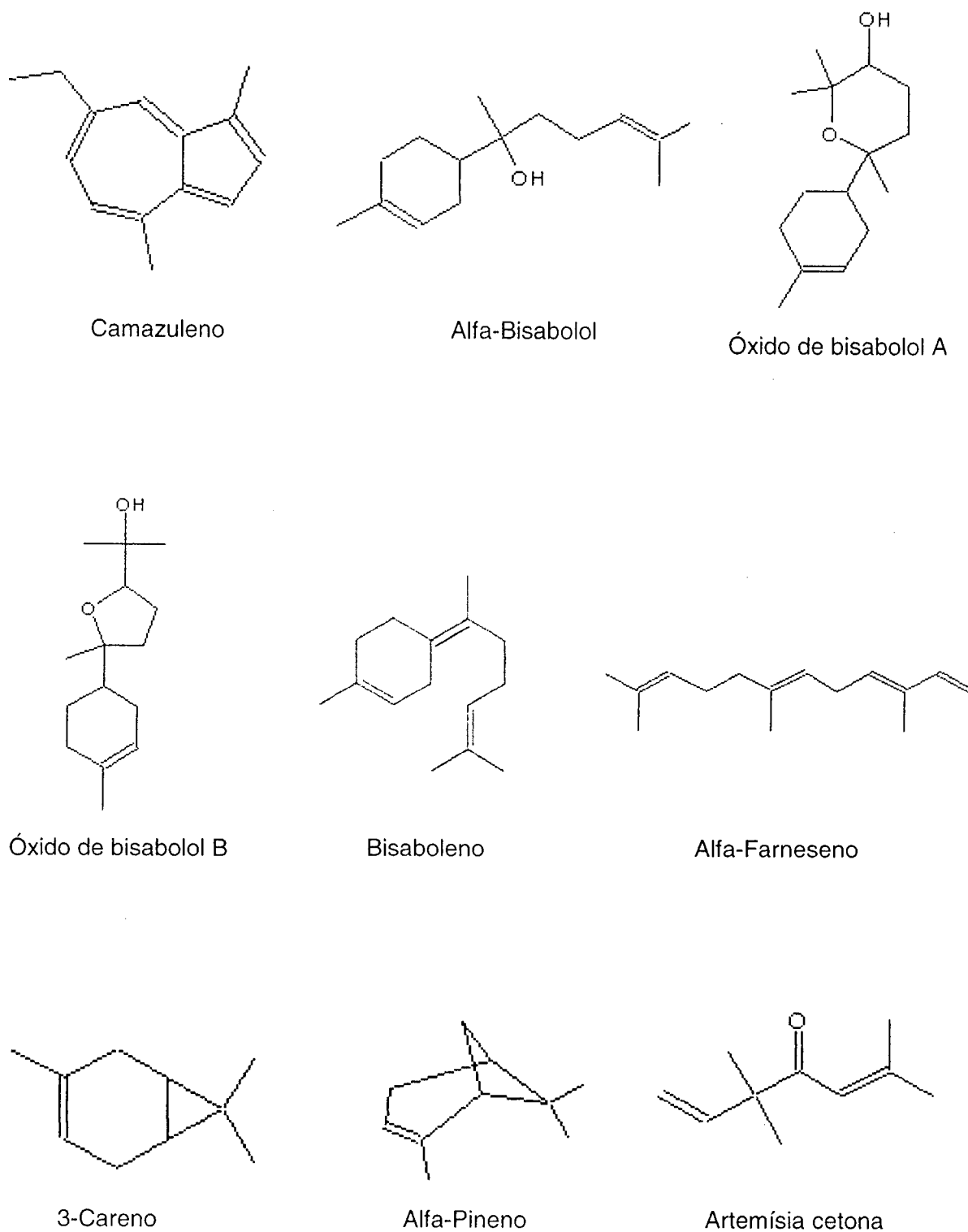


FIGURA 1 – Fórmula estrutural das principais substâncias que compõem o óleo essencial da camomila [*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert]. FONTE: Dewick, 1997.

Para ser considerada uma droga vegetal, a Farmacopeia Brasileira (1996) determina que a camomila deve apresentar teor mínimo de óleo essencial de 0,4%. No entanto, não constam valores relacionados à concentração de sua composição química. Diante da vulnerabilidade das substâncias que compõem o óleo essencial da camomila, tanto a fatores intrínsecos quanto a extrínsecos, é comum encontrar relatos na literatura relacionados a variações de rendimento e de sua composição química, tanto em seu habitat (Ristic e Krivocuca, 1997; Raal *et al.*, 2003) quanto em condições experimentais (Salamon, 1994; Fahlén *et al.*, 1997).

Guenther (1952) descreve uma variação de 0,25 a 1,35% no rendimento de óleo essencial da camomila em seu habitat. O mesmo autor cita algumas variações nas propriedades físico-químicas para este óleo essencial, tais como: densidade (0,912-0,957) e solubilidade (80-95% em álcool), ambos em seu habitat. Em relação ao camazuleno, que é um de seus principais componentes, sua concentração pode variar de 1 a mais de 15%, dependendo da origem e da idade dos capítulos florais.

Dentre 45 componentes identificados no óleo essencial da camomila na Eslováquia, Lawrence (1996) cita os principais: alfa-farneseno, alfa-bisabolol, camazuleno, óxido de bisabolol A, óxido de bisabolol B, óxido de bisaboleno A e en-in-bicicloeter. Além disso, o autor também descreve algumas variações nesta composição química em função de diferentes origens, cultivares e dias após o plantio.

Raal *et al.* (2003) avaliando as variações na composição do óleo essencial da camomila proveniente de diferentes países da Europa, dentre 39 substâncias identificadas, citam como componentes principais: óxido de alfa-bisabolol, cis-en-in-dicicloeter, óxido de beta-bisabolol, óxido de alfa-bisabolona, camazuleno, spatulenol, beta-farneseno, artemísia cetona e ácido decanóico. Diante das variações constatadas na composição do óleo essencial da camomila, aqueles autores estabeleceram alguns quimiotipos em função do país de origem.

Na Itália, Bezzi *et al.* (1991) avaliando diferentes cultivares de camomila, relatam teores de óleo essencial variando de 0,19 a 0,34%, cuja média é de 0,25%, abaixo do estabelecido pela Farmacopéia Européia. Em relação à qualidade do óleo essencial da camomila, estes autores relatam que a concentração de alfa-bisabolol e de camazuleno pode variar de 1,9 a 6,8% e de 2,0 a 20,2%, respectivamente.

O óleo é caracterizado pela cor azul intenso, alta densidade, cujo rendimento varia de 0,3 a 1,5% (Taviani *et al.*, 2003). Seus componentes principais são: alfa-bisabolol, óxidos de bisabolo A, B e C, óxido de bisabolone, camazuleno (derivado da matricina por saponificação, hidrólise e descarboxilação), camaviolina, spatulenol, e cis- e trans-dicicloeter.

Podem ser classificados em quatro quimiotipos (Tirillini *et al.*, 2003): A, B, C e D. O primeiro e o segundo são caracterizados respectivamente pela predominância do óxido de bisabolol A e óxido de bisabolol B. No tipo C há predominância de alfa-bisabolol enquanto no tipo D há equivalência dos três componentes anteriormente citados.

Alonso (1998) relata que a camomila argentina contém teor de óleo essencial de 0,4-1% e sua composição química é constituída principalmente por sesquiterpenos (alfa-bisabolol e derivados), azulenos tais como camazuleno (6-15%) e terpenóides (farneseno, cadineno, cis e trans-espiro éter).

O conteúdo de óleo essencial da camomila brasileira está em torno de 0,43-0,85 e sua composição é de aproximadamente 1,91-35,02% de camazuleno, 16,2% de óxido de bisabolol A, 25,83% de óxido de bisabolol B e 7,31-16,05% de alfa-bisabolol (Donalísio, 1985; Matos *et al.*, 1993; Corrêa Júnior, 1994; Povh, 2000; Costa, 2001). Utilizando cromatografia gasosa e espectrometria de massas, Povh (2000) listou as principais substâncias identificadas no óleo essencial da camomila destilado por arraste de vapor:  $\beta$ -farneseno, acetato de linalila (dihidro),  $\gamma$ -cadineno,  $\alpha$ -farneseno, óxido de  $\alpha$ -bisabolol B,  $\alpha$ -bisabolol, camazuleno, óxido de  $\alpha$ -bisabolol A, trans-dicicloeter.

A literatura também relaciona o rendimento e a composição química do óleo essencial da camomila com a utilização de diferentes métodos e procedimentos para sua extração, mostrando que, na maioria das vezes, há variações significativas (Lawrence, 1996; Zecovic, 1997).

Pohv (2000) avaliando três métodos de extração do óleo essencial da camomila, constatou que a destilação por arraste a vapor (0,0012 g/g) apresentou menor rendimento em relação às extrações com etanol (0,041 g/g) e com CO<sub>2</sub> supercrítico (0,033 g/g). A composição química do óleo essencial da camomila, para os três métodos de extração, apresentou cromatogramas similares, cujos componentes principais identificados foram: gama-cadineno, alfa-farneseno, acetato de linalila, óxido de bisabolol B, alfa-bisabolol, camazuleno e óxido de alfa-bisabolona A. Além disso, o camazuleno foi detectado somente neste método, pois é um artefato produzido pelo calor durante a destilação.

Neste sentido, estudos agronômicos têm sido desenvolvidos com o intuito de avaliar tais variações no rendimento e composição química dos óleos essenciais de maior importância terapêutica. Os principais aspectos agronômicos têm sido a produção de biomassa e de constituintes ativos das plantas medicinais, aromáticas e condimentares, através de estudos edafo-climáticos, de micropropagação, inter-relações ecológicas, densidade de plantio, necessidades nutricionais, ocorrência de pragas, operações de pós-colheita, bem como de melhoramento genético da espécie (Ikuta, 1993).

A camomila é uma planta medicinal aromática, cujo rendimento e composição química do seu óleo essencial merecem especial atenção, para que suas propriedades bioativas não sejam prejudicadas em função das condições de produção, épocas de colheita e, principalmente operações de pós-colheita (Corrêa Júnior, 1994; Martins *et al.*, 1995; Costa, 2001; Borsato *et al.*, 2005a; Borsato *et al.*, 2005b). O efeito da temperatura e da luz tem sido apontado como as principais causas de modificações quantitativa e qualitativa no óleo essencial da camomila.

Assim, para espécies aromáticas como, por exemplo, a camomila, o processo de secagem tem sido uma das principais dificuldades do sistema de produção, que visa a obtenção de matéria-prima de qualidade. Trata-se de uma operação indispensável por promover a estabilização e conservação da matéria-prima.

### 2.2.3 Secagem da Camomila

Em relação à inflorescência de camomila, Ginieis (1992) menciona que a água apresenta-se sob três condições de adsorção. A primeira água é livre, quando a colheita é realizada desde o entardecer até a manhã seguinte, para a qual recomenda-se expor a altas temperaturas para uma rápida extração. A segunda água é a que ocupa os espaços intersticiais, que se deve extrair com temperaturas moderadas deixando o material semi-úmido. A terceira água constitui as células e sua extração deve ser a baixas temperaturas, pois do contrário poderá favorecer a evaporação dos óleos essenciais.

Em geral, independente do método de colheita e da sua localização, durante este processo a camomila apresenta teores de água variando entre 80 a 90%. O período de colheita coincide com as estações mais quentes do ano, final da primavera e início do verão. Estas condições de elevada umidade e temperatura promovem a degradação da camomila, principalmente por processos enzimáticos. Assim, como medida preventiva destes processos de degradação é fundamental submeter a camomila à secagem, imediatamente após sua colheita, reduzindo a umidade até teores inferiores a 12% (Kirsch, 1990; Corrêa Júnior, 1994; Mihajlov, 1997), embora este valor ainda não tenha sido estabelecido para esta espécie.

Para a camomila, assim como para outras espécies com substâncias voláteis ou que são arrastadas pelo vapor de água, o processo de secagem torna-se bastante complexo, ocasionando, via de regra, grandes perdas ao remover grande quantidade de água dos capítulos florais. Os compostos químicos podem ser sintetizados ou degradados por

reações de oxidação e hidrólise, além de processos de difusão e perdas por aquecimento, com importante participação de enzimas (Simões e Spitzer, 1999).

Normalmente, antes de levar os capítulos florais até o secador, eles passam por um processo de peneiração em malhas cujo diâmetro pode variar entre 7 a 11mm, objetivando separar os capítulos avulsos dos capítulos com pedúnculos ou partes de outras plantas, para que sejam secados separadamente, o que aumenta a eficiência da secagem e, conseqüentemente, proporcionam melhor qualidade da matéria-prima (Corrêa Júnior *et al.*, 1994; Curioni, 1998).

O processo de secagem da camomila pode ser natural (ao sol ou à sombra) ou artificial. A escolha do tipo e do método de secagem depende principalmente das condições climáticas e do sistema de produção em que o agricultor estiver inserido. Tanto na região de origem (Eslováquia) da camomila quanto nos principais países americanos produtores (Argentina e Brasil), tem sido preferencialmente utilizado o processo de secagem artificial, em função do grande volume produzido e também das condições climáticas não favoráveis (Kirsch, 1990; Corrêa Júnior, 1994; Mihajlov, 1997; Maksimovic e Bogdanovic, 1997; Costa, 2001).

A secagem artificial destaca-se cada vez mais por manter grande parte das propriedades da planta fresca, embora algumas espécies possam ser secas naturalmente e com eficácia apenas à sombra (Ratera e Ratera, 1980). A secagem ao ar livre, onde o material pode ser exposto ao sol ou à sombra, é o processo mais antigo utilizado, porém atualmente sua utilização é limitada porque favorece grandes perdas na produção e contaminação pela presença de diversas impurezas inclusive microbiológicas (Arata, 1998; Saraiva, 1998).

É importante que no processo de secagem da camomila os capítulos florais sejam distribuídos em camadas finas, evitando seu revolvimento até o final do processo. Portanto, os secadores mais utilizados são do tipo estacionário, no qual não há movimentação da massa a ser secada. Para facilitar o manuseio do material a ser secado, podem ser utilizadas bandejas com fundo de tela, permitindo intensa passagem do ar quente. A ausência de luz e boa ventilação dentro do secador podem favorecer a qualidade do produto final, mantendo o aroma e a coloração original da camomila. Posteriormente à secagem, os capítulos florais podem passar por processo de classificação ou diretamente embalados e armazenados em ambiente seco e escuro.

Tanto para a secagem natural quanto para a artificial, existem diversos modelos de secadores (Curioni, 1998), sendo considerados ideais aqueles que possibilitem o



monitoramento das condições de secagem, além de aliar eficácia e qualidade da matéria-prima, principalmente quando se vislumbra suas propriedades terapêuticas.

Entretanto, alguns modelos considerados ideais do ponto de vista técnico podem não atender às demandas específicas dos agricultores, que normalmente estão inseridos em distintos sistemas de produção. Além disso, o custo de implantação de um modelo de secagem poder inviabilizar a sua aquisição por grande parte dos agricultores que cultivam camomila, uma vez que são considerados, em sua maioria, produtores de baixa renda.

Neste sentido, na Região Metropolitana de Curitiba, a maioria dos produtores de camomila tem utilizado um modelo de secador tipo bandeirão (Anexo 6), considerado versátil, de baixo custo e de boa eficácia. Trata-se de um modelo rudimentar projetado pela Universidade Federal de Viçosa (Silva *et al.*, 2000) para atender originalmente à demanda de produtores de grãos e, portanto, não dispõe de mecanismos de monitoramento necessários para a secagem de plantas medicinais, principalmente as aromáticas como a camomila, por exemplo.

No início do decênio de 90 foram feitas algumas recomendações em relação à temperatura do ar de secagem, preconizando a não utilização de temperaturas superiores a 35° C de modo a evitar a volatilização das substâncias constituintes do seu óleo essencial (Corrêa Júnior, 1994).

Criou-se então um impasse entre o órgão de extensão rural da região e os produtores, pois estes constataram que tais recomendações comprometiam a eficácia do processo de secagem da camomila diante de suas limitações quanto à equipamentos e grande volume de produção. Aos produtores, isto causou maior preocupação que o teor de óleo essencial, passando então a ignorarem tais recomendações, uma vez que a remuneração sempre foi pela massa seca produzida e nunca pelo teor de óleo essencial. Desde então, a extensão rural, empresas e instituições de pesquisa vêm responsabilizando exclusivamente os agricultores pela baixa qualidade da camomila produzida na RMC. Porém, poucos são os incentivos e as parcerias para que este impasse seja superado.

Estima-se que ao serem feitas algumas adaptações nestes equipamentos como, por exemplo, dispositivos para controle da temperatura e velocidade do ar de secagem, as propriedades originais do produto a ser secado poderiam ser mantidas ou pelo menos pouco alteradas, podendo resultar em maior valor comercial. Porém, raras são as iniciativas para conscientização dos produtores para boas práticas agronômicas e sanitárias, de modo a promover a qualidade da matéria-prima e, conseqüentemente, a qualidade, segurança e eficácia do produto final (Miguel e Miguel, 1999).

Na maioria dos casos, os agricultores têm tomado iniciativas de pesquisa e desenvolvimento de tecnologias, a partir de suas próprias demandas. Como exemplos disso, destacam-se os equipamentos de colheita e secagem, uma vez que estes têm sido as principais dificuldades da produção não só da camomila, mas também das demais plantas medicinais cultivadas. Embora a maioria dos agricultores tenha interesse em melhorar o processo produtivo, poucos conseguem fazê-lo devido, principalmente à falta de políticas públicas que promovam a conscientização, capacitação, linhas de créditos e assistência técnica aos mesmos (Caetano *et al.*, 2001a; Caetano *et al.*, 2001b; Fonte, 2004).

Então, torna-se evidente que o processo de secagem da camomila, assim como da maioria das plantas medicinais, ainda está precário, carente de estudos mais específicos, a fim de gerar informações consistentes, atuais e adequadas à realidade do processo produtivo da RMC.

Diante deste contexto, não poderia ter sido mais oportuno o desenvolvimento de um importante trabalho na RMC, relacionando o teor de óleo essencial da camomila com diferentes condições de secagem. Entre as safras de 2000 e 2002, por meio de ensaios de laboratório, foi possível constatar que durante o processo de secagem da camomila, em secador de camada fixa, o teor de óleo essencial é inevitavelmente perdido em todas as temperaturas (Borsato *et al.*, 2005a) e vazões específicas (Borsato *et al.*, 2005b) do ar de secagem utilizadas. Para o teor de óleo essencial, foram identificadas perdas superiores a 70% durante toda a secagem, embora se concentre no início do processo.

Em relação à temperatura do ar de secagem, os autores relatam que temperaturas entre 35-50° inviabilizaram o processo de secagem tanto pelo longo período de exposição quanto pela qualidade não satisfatória da camomila. Assim, eles recomendam a faixa de 60-80° C, em função da maior eficiência de secagem e qualidade do produto obtido. São temperaturas também recomendadas por Curioni e Alfonso (1996) e Ginieis (1992) em experimentos de secagem de camomila na Argentina. Trata-se de valores muito próximos aos empregados no cotidiano pelos produtores de camomila na RMC. O que significa que seus conhecimentos empíricos não devem ser ignorados.

Na Alemanha, Müller e Mühlbauer (1990), avaliando os efeitos da secagem no óleo essencial da camomila, observaram redução de 15 a 25% do teor, independente da temperatura do ar (30-90° C). Eles também observaram maior redução do teor de óleo em função do aumento do tempo de secagem. No entanto, a composição química não foi influenciada. Como condições ideais de secagem, em relação ao consumo de energia, eles recomendam que a umidade relativa e a temperatura do ar não excedam 60% e 45° C, respectivamente.

Na Itália, os capítulos são colhidos mecanicamente (Dellacecca *et al.*, 1992; Colorio *et al.*, 2003) e imediatamente classificados, sendo posteriormente conduzidos ao processo de secagem em estufas ventiladas, a 40-55° C. Estas temperaturas propiciam alta eficiência do processo de secagem devido a baixa umidade relativa inerente às condições climáticas predominantes na Itália.

Em relação ao óleo essencial da camomila, tão importante quanto o teor é a sua composição química, sendo que duas são majoritárias (camazuleno e alfa-bisabolol) e detentoras de propriedades mais bioativas. Assim como para outras espécies aromáticas, as condições de secagem poderão também influenciar as substâncias que compõem seu óleo essencial, uma vez que a temperatura e a luz têm sido considerados os principais fatores externos que podem promover alterações, quantitativa e qualitativa, de forma significativa em óleos essenciais.

As substâncias que compõem o óleo essencial possuem propriedades químicas peculiares que lhes conferem diferentes sensibilidades à exposição ao calor, possibilitando alterações que podem até comprometer suas propriedades terapêuticas. Assim, ao submeter a camomila à diferentes temperaturas de secagem, a composição química do seu óleo essencial poderia ser influenciada de forma peculiar, sob aspectos quantitativos e qualitativos.

Ocorrendo influência de forma peculiar, poderiam ser estabelecidas condições adequadas de secagem, que tornem nulas ou mínimas possíveis as alterações qualitativas e quantitativas. Dessa forma, seria possível obter matéria-prima de qualidade satisfatória, preservando as substâncias majoritárias no produto seco, responsáveis pelas principais propriedades bioativas da camomila.

Sendo inevitável a volatilização do óleo essencial da camomila, durante o processo de secagem, as alterações nas substâncias voláteis arrastadas pelo vapor d'água poderiam ser nulas ou insignificantes. Isto possibilitaria a recuperação, em processo simultâneo à secagem, destas substâncias químicas, cujas propriedades bioativas não tenham sido comprometidas, tornando-se mais uma fonte de renda, além da matéria-prima seca.

Portanto, torna-se de fundamental importância a continuidade dos estudos em relação ao processo de secagem, avaliando sua influência também na composição do óleo essencial da camomila, uma vez que suas substâncias constituintes têm propriedades físico-químicas peculiares. Conseqüentemente, podem ou não estar sendo influenciadas de forma negativa pelas condições de secagem, de modo a não comprometer suas propriedades terapêuticas.

## 2.2.4 Secagem de Plantas Medicinais

Assim como a camomila, as demais espécies aromáticas e/ou medicinais destinadas à produção de folhas, flores ou raízes devem ser desidratadas imediatamente após sua coleta, a fim de prevenir contra processos de degradação, mantendo as propriedades da planta fresca referentes a sabor, cor, aroma e, principalmente as substâncias ativas peculiares de cada espécie (CCI, 1992; Furlan, 1996; Di Stasi, 1996a).

O processo de desidratação ou secagem, que inicia logo após a colheita da planta, pode consumir reservas e provocar a morte progressiva de suas células. O murchamento provoca a ruptura das organelas celulares, liberando enzimas que podem desencadear processos de hidrólise e oxidação que influenciam a qualidade terapêutica das plantas. Estes fenômenos cessam quando a umidade é de aproximadamente 10% (Cruz, 1990; Muñoz, 1993; Garrido, 1988). Neste sentido, a secagem objetiva reduzir o teor de água em níveis seguros e em tempo hábil, evitando alterações nas propriedades organolépticas do material ocasionadas pela proliferação de fungos, leveduras e bactérias (Saraiva e Horn, 1998; Horn *et al.*, 1998).

A necessidade de armazenar as espécies aromáticas por período prolongado sem que ocorram modificações físico-químicas ou alterações microbiológicas foi um dos principais problemas no manejo destacados por Elder *et al.* (1993).

O pardeamento é uma das reações não enzimáticas que deterioram o produto conferindo-lhe sabores e odores desagradáveis e colorações pardo-escuras devido à reação de açúcares redutores com aminoácidos acelerada com o aumento da temperatura e do pH. O pardeamento enzimático resulta também em colorações pardas, cuja velocidade de reação aumenta com temperatura de até 45° C, logo diminuindo pela desnaturação de proteínas e o ranço produzido pela auto-oxidação de lipídios (Horn *et al.*, 1998).

Em geral, nos processos de secagem convencionais, quando a temperatura não supera os índices de 80-100° C, as enzimas não são degradadas, mas apenas inibidas e podem ser reativadas assim que as condições de umidade e temperatura tornarem-se adequadas (Muñoz, 1993).

O teor de água não está diretamente relacionado com os fatores que intervêm no processo de deterioração de um produto. Por isso, emprega-se o conceito de “atividade de água” de um alimento que expressa o grau de liberdade da água contida nele, a qual é função do tipo de produto, do teor de água e de sua temperatura. Os diferentes graus em que a água está ligada determina sua atividade de água a qual é função dos efeitos coligativos, efeito de capilaridade e interação superficial (Curioni, 1998).

Muñoz (1993) relata que as plantas recém colhidas podem apresentar quantidades de água variáveis em suas diferentes partes: as sementes e frutos secos entre 5 a 10%, as folhas de 60 a 90%, as raízes e rizomas entre 70 a 85% e as flores e frutos carnosos entre 80 a 90%.

Já o teor de água adequado para a comercialização das espécies medicinais deve estar entre 5 a 10%, o que minimiza possíveis danos e evita a contaminação microbiológica (CCI, 1992). Para a camomila, Ginieis (1992) relata uma variação do teor de água segundo a qualidade dos produtos obtidos, recomendando teores de 12% para as inflorescências de consumo *in natura* e de 10 a 13% para fins industriais.

A água é um dos mais importantes componentes dos alimentos, afetando todas as suas propriedades. A forma como a água afeta a natureza física e as propriedades dos alimentos é complicada devido à interação entre a água e o meio, o que envolve a estrutura física bem como a composição química dos diversos solutos incluindo polímeros e colóides ou partículas dispersas.

Lasseran (1978) afirma que o teor de água de um produto, na base seca, é a proporção direta entre a massa de água presente no material e a massa de material que não contém água, ou massa seca. O conteúdo de umidade é a quantidade de água, que pode ser removida do material sem alteração da estrutura molecular do sólido, e pode ser expressa também na base úmida.

Cavariani e Baudet (1982) afirmam que a água no estado líquido é constituída de moléculas em constante movimento e é influenciado pela temperatura. O calor estimula a movimentação molecular pela redução das forças de atração, promovendo a formação de vapor d'água.

O processo de secagem pode evoluir de maneira adiabática, quando o material perde água para o ar, as temperaturas do material e do ar decrescem até chegar ao equilíbrio, com umidade relativa de 100%. No decorrer do processo, os gradientes de potencial químicos da água no produto e no ar diminuem até anular-se. Ao realizar um aporte energético no sistema, aumenta a pressão de vapor sobre o material, facilitando a secagem devido a um aumento no gradiente de potencial entre o material e o ar circundante (Doria e Andrés, 1998).

O processo de secagem é descrito como uma troca envolvendo o ar atmosférico e a água constituinte do produto, desde que ocorram gradientes de vapor de água e de calor sensível (ar) e latente (água). Calor é a energia em trânsito, entre dois corpos ou dois sistemas, decorrente apenas da existência de uma diferença de temperatura entre eles (Menon e Mujumdar, 1987; Bonjorno *et al.*, 1988; Park e Nogueira, 1992). Estes autores

definem calor sensível como a quantidade de calor recebida ou cedida por um corpo sob uma variação de temperatura sem que haja mudança de estado físico. Já o calor latente, os mesmos autores definem como a quantidade de calor recebida ou cedida por um corpo sob uma mudança do seu estado físico sem que haja variação da sua temperatura.

O teor de água de um produto, a uma dada temperatura e em equilíbrio com a umidade relativa do ar, é denominado de equilíbrio higroscópico (Carvalho e Nakagawa, 1988; Park, 1992). A busca do equilíbrio higroscópico determina movimentação das moléculas do estado líquido para o de vapor estimulada pelo calor proveniente do ar. Então, a energia térmica que movimenta uma molécula de água ao longo de um gradiente de concentração, denominada de pressão de vapor, é função essencialmente da umidade relativa do ar e, conseqüentemente, é função também da temperatura e movimentação do ar. O aumento da temperatura do ar e da ventilação proporciona um déficit de pressão no sentido da lâmina d'água (ou produto) para o ar, mantendo o processo de secagem (Carvalho, 1994).

O conceito de pressão de vapor de água é um tanto difícil de ser compreendido perfeitamente e, muito freqüentemente pode ser confundido. Neste sentido, Lee e Sears (1969) esclarecem que a pressão de vapor é a expressão da força exercida pelas moléculas do vapor por unidade de área quando, na interface entre um líquido e seu vapor, existe equilíbrio entre a taxa de vaporização do líquido e a taxa de condensação do vapor.

Em complemento, Lasseran (1978) afirma que o vapor d'água presente no produto tende a ocupar todos os espaços intercelulares disponíveis, gerando pressões em todas as direções, inclusive na interface entre o mesmo e o ar, que é denominada de pressão parcial de vapor d'água na superfície do produto. Enquanto que o vapor d'água presente no ar exerce uma pressão parcial, influenciada pela sua concentração e temperatura, que é denominada de pressão parcial de vapor d'água do ar.

Kneule (1966) refere-se às trocas de energia durante o processo de secagem, afirmando que:

"O consumo de calor resultante da evaporação da água é acompanhado por um resfriamento da massa de ar. A adsorção do vapor d'água pelo ar permite que, embora ocorra o decréscimo da temperatura, o balanço energético global das trocas seja nulo porque o ar recupera, sob a forma de vapor, o que perdeu sob a forma de calor sensível. O resfriamento do ar no curso da secagem é apenas parcial, pois há necessidade que o ar permaneça suficientemente aquecido para adsorver a maior quantidade possível de água, cuja capacidade de adsorção aumenta em função da temperatura".

Alguns produtos podem apresentar movimento de moléculas de água tanto de dentro para fora (dessorção) quanto de fora para dentro (adsorção), dependendo do gradiente de pressão do vapor de água entre o ar e o produto. Assim, o teor de água de equilíbrio depende, dentre outros fatores, da composição físico-química, umidade relativa do ar, temperatura.

Uma importante consideração sobre a função da água para o crescimento e atividade de microrganismos, bem como para as funções celulares é o “status” de energia relativa da água, expresso pelo potencial da água, que se refere à disponibilidade da água para os processos vitais (Cook e Papendick, 1978). Em geral, os mesmos autores relatam que a água pura livre possui potencial de energia igual a zero e a água sob pressão tem potencial de energia positivo.

Salisbury e Ross (1992) definem potencial da água como potencial químico da água em um sistema ou parte de um sistema, expresso em unidades de pressão e comparado com o potencial químico da água pura numa pressão atmosférica e numa mesma temperatura e gravidade, com o potencial químico de referência da água sendo fixado em zero.

Para Taiz e Zeiger (1998), o movimento da água é direcionado por uma redução na energia livre, podendo ocorrer por difusão, fluxo de massa ou pela combinação destes mecanismos fundamentais de transporte. A concentração da solução e a pressão hidrostática são os principais fatores que afetam o potencial da água, além da gravidade quando grandes distâncias estão envolvidas. A relação é dada por  $\psi_w = \psi_s + \psi_p + \psi_g$  onde: “ $\psi_w$ ” é o potencial da água, “ $\psi_s$ ” é o potencial osmótico, “ $\psi_p$ ” é o potencial de pressão e “ $\psi_g$ ” é o potencial gravitacional. Em solos, sementes e paredes celulares secas, a redução no potencial da água pode ser atribuído ao potencial mátrico ( $\psi_m$ ). As células facilmente entram em equilíbrio de potencial da água com o meio pela absorção ou perda de água. Essa mudança no volume celular resulta numa mudança no  $\psi_p$  da célula, seguido de menores mudanças no  $\psi_s$ . Assim, a taxa de transporte de água através da membrana depende da diferença de potencial da água da membrana, bem como de sua condutividade hidráulica.

Assim, a força que direciona o movimento da água é função dos gradientes no potencial químico ou potencial da água, o qual é influenciado por cinco principais fatores: concentração, temperatura, pressão, soluto e matriz (Salisbury e Ross, 1992).

O modo mais utilizado para aumentar o diferencial entre as pressões de vapor da superfície do produto e do ar de secagem é o aquecimento do ar, diminuindo sua umidade relativa, que adquire maior capacidade de retirada de água. Quanto mais seco o ar mais rápido é o movimento do teor de água do produto para o ar, esse processo se verifica

enquanto houver este gradiente de pressão parcial de vapor. Quando o ar está saturado não se dá mais a transferência de vapor. Nesse momento, para que haja o prosseguimento do processo de secagem, há necessidade de um máximo de ar (Toledo, 1969).

Verifica-se, no entanto, um momento em que qualquer acréscimo no fluxo de ar contribui muito pouco para a secagem. Este fato é atribuído ao movimento do teor de água do interior do produto para a superfície ocorre vagarosamente, em função de mecanismos como: ações capilares, difusão do teor de água, gradientes de pressão de vapor, gravidade e vaporização do teor de água (Hall, 1957). Daí a importância do aquecimento do ar visando abaixar sua umidade relativa para gerar um gradiente de pressão de vapor em relação ao produto. Isto vem de encontro com as observações de Borsato *et al.* (2005b) que constataram que a taxa de secagem da camomila foi menos influenciada pela velocidade do que pela temperatura do ar de secagem. Mas, é preciso que este aquecimento seja feito com muita cautela, pois poderá favorecer a danificação do produto final, fato este comprovado por diversos pesquisadores de secagem (Borsato *et al.*, 2005a).

Alguns estudos têm mostrado que a secagem é um dos processos que mais tem influenciado o rendimento e a composição química das plantas medicinais. Tem sido observado que esta influência pode ser tanto negativa quanto positiva, quantitativa e qualitativamente. Consequentemente, suas propriedades bioativas também podem ser influenciadas. Isto tem sido motivo de muitos estudos em diversas áreas. Esta preocupação é ainda maior para aquelas espécies que têm sido cultivadas para obtenção destes compostos metabólicos, o que tem motivado muitos estudos sobre os aspectos agrônômicos (Gottlieb e Kaplan, 1993; Andrade e Casali, 1999; Simões e Spitzer, 1999; Silva e Casali, 2000; Castro *et al.*, 2001; Melo *et al.*, 2004).

O método mais adequado de secagem depende principalmente da espécie e dos componentes químicos da planta, de forma que o método de secagem contribua ao mínimo com perdas de ordem visual e composição do produto.

O estudo dos diversos fatores que influenciam o processo de secagem levou ao desenvolvimento de algumas tecnologias visando à eficiência do processo e a qualidade do produto final. Na sequência, estão descritos alguns tipos e métodos de secagem.

Na secagem natural os produtos são secos naturalmente pela ação da energia do sol e do vento, distribuídos em camadas de espessura variável. Portanto, sua eficiência depende diretamente das condições climáticas. É caracterizado pela ausência de qualquer manipulação dos fatores de secagem. Sua recomendação é para secagem em pequena escala (Cruz, 1990; Carvalho, 1994; Curioni, 1998).



A secagem artificial é caracterizada por submeter a matéria-prima a equipamentos que possibilitem a manipulação dos fatores de secagem visando à redução do teor de água num período de tempo relativamente curto. Podem ser dos seguintes tipos: secagem com ar não aquecido; secagem com aquecimento suplementar; secagem com ar aquecido; circuito fechado com dessecador; secagem a vácuo; e secagem por infravermelho (Carvalho e Nakagawa, 1988; Cruz, 1990; Curioni, 1998).

O processo de secagem pode ser dividido também em três métodos: estacionário, contínuo e intermitente. A secagem estacionária ou de camada fixa, consiste na passagem do ar, aquecido ou não, de maneira forçada pela massa do produto em repouso até que o teor de água desejado seja atingido (Toledo e Marcos Filho, 1977; Carvalho, 1994). A água evaporada é arrastada pelo ar em movimento de modo que se modificam sua temperatura e sua umidade relativa. Assim, à medida que se afasta do ponto de entrada na massa o ar fica cada vez mais úmido e cada vez mais frio até que o processo de secagem é interrompido, ou seja, o ar não mais é capaz de provocar a evaporação da água constituinte do produto.

Embora algumas espécies possam ser secas naturalmente e com eficácia apenas à sombra, a secagem artificial destaca-se cada vez mais por manter grande parte das propriedades da planta fresca (Curioni, 1998). A secagem ao ar livre, onde o material pode ser exposto ao sol ou à sombra, é o processo mais antigo utilizado, porém atualmente sua utilização é limitada porque favorece grandes perdas na produção e contaminação pela presença de diversas impurezas inclusive microbiológicas (Saraiva, 1998; Arata, 1998). Porém, alguns autores como Ratera e Ratera (1980) ratificam que a secagem natural é a ideal para as espécies medicinais, evitando a exposição ao sol de flores e frutos.

A crescente demanda por espécies medicinais, aromáticas e condimentares de qualidade satisfatória, com oferta regular e preços acessíveis, tem gerado crescimento em tamanho e número de áreas de cultivo. Soma-se a isso as condições climáticas eventualmente não favoráveis em algumas regiões o que torna necessário o emprego da secagem artificial. Deveriam ser utilizados modelos de secadores que proporcionassem ajustes de temperatura e velocidade do ar de secagem, visando a rápida redução no teor de água sem prejuízo da qualidade da matéria-prima. No entanto, as pesquisas relacionadas ao processo de secagem são ainda insuficientes para que a qualidade das espécies medicinais, principalmente as aromáticas, seja mantida.

Existem diversos tipos de secadores que podem ser adaptados à secagem de plantas medicinais. O principal cuidado que se deve ter nesta adaptação é que seja possível o monitoramento das condições de secagem, principalmente a temperatura.

Cada vez mais se percebe a necessidade de estudos específicos para as espécies medicinais, uma vez que seus comportamentos frente ao processo de secagem têm sido muito peculiares. Dentre as pesquisas fundamentais, destacam-se aquelas relacionadas à influência da temperatura do ar de secagem no teor e na composição química das espécies medicinais. Vislumbra-se estabelecer melhores condições de secagem em função da espécie estudada e, conseqüentemente da vulnerabilidade de seus constituintes químicos, bem como das estruturas armazenadoras.

Com relação à temperatura de secagem, tem-se a do ar e a da massa do produto, sendo fundamental distingui-las. No entanto, esta distinção nem sempre tem sido feita em publicações relacionadas ao processo de secagem das plantas medicinais, o que dificulta a comparação e discussão dos resultados entre trabalhos realizados sob distintas condições de secagem. O tempo e o modo de exposição do produto ao ar aquecido variam com o tipo de secador.

Em geral, a temperatura de secagem empregada habitualmente oscila entre 30-70° C conforme o material. White (1985) indica que para as plantas e folhas não se deve ultrapassar 30° C e para raízes, não mais que 38° C. De maneira geral, Page e Stearn (1992) recomendam secagem rápida, com calor moderado, livre circulação de ar e ausência de luz solar para evitar a alteração da cor. As recomendações de Corrêa Júnior *et al.* (1994) e Oliveira (1995) diferem dos autores anteriores apenas em relação à secagem de raízes, recomendando a utilização de temperaturas de até 70° C. Melo *et al.* (2004) citam que temperaturas de 50 a 60° C são viáveis para grande número de plantas medicinais estudadas, independente do método de secagem empregado.

As condições de secagem não devem ser generalizadas para as plantas medicinais aromáticas, pois alguns estudos mostram que há peculiaridade em relação à influência do processo de secagem no rendimento e composição química de seus óleos essenciais.

Estudos realizados com menta (*Menta piperita* L.) mostram que a secagem sob temperaturas superiores a 40° C é altamente prejudicial para o teor e composição química do seu óleo essencial (Blanco *et al.*, 2000b). Num estudo com alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) afirmam que a secagem sob temperaturas de até 60° C não influencia a composição química do seu óleo essencial (Blanco *et al.*, 2000a).

Para o capim-limão [*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf], Martins *et al.* (2000) observaram efeito positivo na composição química de seu óleo essencial com o aumento da temperatura até 60° C, porém nenhuma influência foi observada em relação à velocidade do ar de secagem. Esta temperatura também foi considerada como limite ótimo para a

secagem de citronela (*Cymbopogon winterianus* Jowitt) em relação ao rendimento e composição química do seu óleo essencial (Rocha, 2000).

Martinazzo *et al.* (2003), avaliando o rendimento do óleo essencial de menta (*Mentha arvensis* L.), concluíram que não houve diferenças entre as temperaturas de 50 e 60° C.

Avaliando as condições de secagem para guaco (*Mikania glomerata* Sprengel) e hortelã-comum (*Mentha x villosa* Huds), concluiu-se que a melhor temperatura do ar é de 50° C, visando obter o maior teor de óleo essencial e a maior concentração dos principais constituintes (Radünz, 2004).

Entre as conclusões geradas por Silva (2005), as temperaturas de secagem testadas (30, 45 e 60° C) não influenciaram o rendimento dos óleos essenciais de calêndula (*Calendula officinalis* L.) e de carqueja (*Baccharis genistelloides* var. *trimeria* (Less). Baker L.).

Avaliando o efeito da temperatura do ar de secagem sobre o teor e composição química do óleo essencial de erva-cidreira-brasileira (*Lippia alba* (Mill.) N. E. Brown), Barbosa (2005) constatou que a secagem à 80° C não causou prejuízo à qualidade do óleo essencial.

Entretanto, alguns autores insistem em limitar a temperatura do ar de secagem a 42° C de forma generalizada, alegando que nestas condições tanto o rendimento quanto a composição química dos óleos essenciais não estariam sendo influenciados negativamente (Corrêa Júnior *et al.*, 1991; Corrêa Júnior *et al.*, 1994; Martins *et al.*, 1995; Corrêa Júnior e Gomes, 1998; Andrade e Casali, 1999; Silva e Casali, 2000).

A utilização de altas temperaturas se justifica pelo aumento da taxa de secagem de materiais colhidos com elevados teores de água, pois segundo Lasseran (1982), um maior tempo gasto no secador pode comprometer a qualidade do produto. Esta constatação foi feita por Borsato *et al.* (2005a) quando observaram maior redução do teor de óleo essencial da camomila no processo de secagem a 35 e 50° C, provavelmente em função do maior tempo de exposição ao calor.

A taxa de secagem de um produto depende do sistema de secagem utilizado, do ar de secagem (velocidade, temperatura e umidade relativa) e das características do próprio produto (espessura, tamanho, rugosidade, pilosidade, nervuras, estruturas). Aliado ao rendimento e composição química das plantas medicinais, num processo de secagem busca-se uma maior taxa de secagem, pois isto significa maior eficiência operacional. Isto pode proporcionar vantagens econômicas ao reduzir o tempo de secagem, diminuindo o custo e obtendo produto seco de melhor qualidade. Conforme alguns estudos sobre a secagem de plantas medicinais, a perda de água, durante a secagem, ocorre linearmente,

bem como em forma de curva (Alonso, 1998; Park, 1992; Martins *et al.*, 2000; Matinazzo *et al.*, 2003; Melo *et al.*, 2004; Silva, 2005; Radünz, 2004; Barbosa, 2005).

O comportamento segundo uma curva é clássico para a taxa de secagem de grãos e sementes, cujo processo de secagem é descrito, sob condições constantes de temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do ar, apresentando um período de taxa constante e outro de taxa decrescente (Hall, 1957; Villela, 1991; Carvalho, 1994). (Anexo 7).

Conforme descrito por Carvalho (1994), o período inicial da curva característica de secagem, é o período de indução e ocorre quando o produto está mais frio do que o ar de secagem, de tal forma que sua temperatura aumenta até atingir um patamar constante. Durante o período de taxa constante, a temperatura do produto se mantém igual à de saturação do ar de secagem. As transferências de calor e massa se compensam e a taxa de secagem é constante, alcançando seu valor máximo. O mecanismo interno de fluxo de água não afeta a taxa de secagem porque a taxa de deslocamento interno da água para a superfície do produto é igual ou maior do que a máxima taxa de remoção de vapor de água pelo ar, sendo evaporada a água livre.

No período de taxa decrescente de secagem, a taxa de transporte interno da água é menor do que a taxa de evaporação. Dessa forma, a transferência de calor não é compensada pela transferência de massa e, em consequência, a temperatura da semente aumenta, tendendo à temperatura do ar de secagem (Villela, 1991; Lasseran, 1978). O processo de secagem, durante o período de taxa decrescente, fundamenta-se basicamente em: teoria difusional e teoria capilar (Fortes, 1978; Villela, 1991).

Esta mesma descrição tem sido proposta para demais produtos biológicos (Alonso, 1998). Todavia, na secagem de camomila Borsato *et al.* (2005a,b) obtiveram taxa de secagem crescente durante todo o processo, obedecendo a um comportamento não linear.

Diante destas peculiaridades e escassez de informações é grande a demanda por um melhor conhecimento e entendimento dos processos de secagem, desde equipamentos a condições operacionais, bem como das características dos produtos (físicas, químicas e biológicas), lobrigando-se a obtenção de matérias-primas de qualidade. Isto contribuirá significativamente para a obtenção de produtos com qualidade, eficácia e segurança. Além de contribuir também para a otimização dos processos produtivos de espécies medicinais, aromáticas e condimentares.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na CHAMEL Indústria e Comércio de Produtos Naturais Ltda., de propriedade do Engenheiro Agrônomo Estefano Dranka, situada no município de Campo Largo, Região Metropolitana de Curitiba (RMC). Nesta empresa desenvolve-se atividades desde a propagação das espécies produzidas até sua secagem e comercialização. Referencial em tecnologia de plantas medicinais na RMC, pois desenvolve suas próprias técnicas com muita criatividade e perseverança. Interesses em comum resultaram numa parceria entre esta empresa e a Universidade Federal do Paraná, possibilitando o desenvolvimento das atividades experimentais a que se refere este trabalho de tese.

A infra-estrutura de secagem que a CHAMEL dispõe foi construída adaptando-se o modelo “Souza Cruz<sup>®</sup>”, tipo estufa, normalmente usado por fumicultores (Anexo 8.1). Trata-se de um modelo estacionário ou de camada fixa, de fogo indireto, cujo combustível é serragem. Sua câmara de secagem é constituída por paredes e teto de alvenaria, conferindo-lhe uma característica construtiva fechada ou protegida, restando apenas três portas numa das laterais para carga e descarga. Dessa forma, possibilita a recirculação do ar aquecido, o qual é monitorado por sensores de temperaturas (termômetros de bulbo seco e bulbo úmido), inseridos logo após o trocador de calor e acoplados a um termostato digital, que por sua vez, controla a entrada de ar ambiente para manter a temperatura predeterminada do ar de secagem (Anexo 8.4). A insuflação do ar aquecido se dá por meio de dois ventiladores axiais dispostos sobre o trocador de calor, direcionados em sentido ao plenum, ascendendo através do material a ser secado (Anexo 8.2). Entre a câmara de secagem e o plenum há uma chapa metálica perfurada, onde o material a ser secado é distribuído (Anexo 8.3). É um modelo de secador considerado eficiente, versátil e de baixo custo de construção.

Antes mesmo de efetivar a parceria para realização das atividades experimentais deste trabalho de tese, já haviam sido realizadas pelo proprietário algumas adaptações neste modelo de secador (Anexo 8.1) com o intuito de obter o óleo essencial da camomila em processo de condensação paralelo à secagem. Foi adicionado ao secador um sistema de exaustão, acionado por um ventilador centrífugo (Figura 2a), instalado sobre o teto da câmara de secagem, de modo que o vapor d’água fosse conduzido a um sistema de

condensação (Figura 2b). O condensador possui um conjunto de 100 tubos, em aço inox, cada tubo com 2,54 cm de diâmetro e 2,5 metros de comprimento. Este conjunto permanece imerso num reservatório de água, cuja troca se dá de maneira contínua de modo a manter a temperatura ambiente. Em sua extremidade posterior há um vaso Florentino, em aço inox, onde o condensado é retido (Figura 2c).

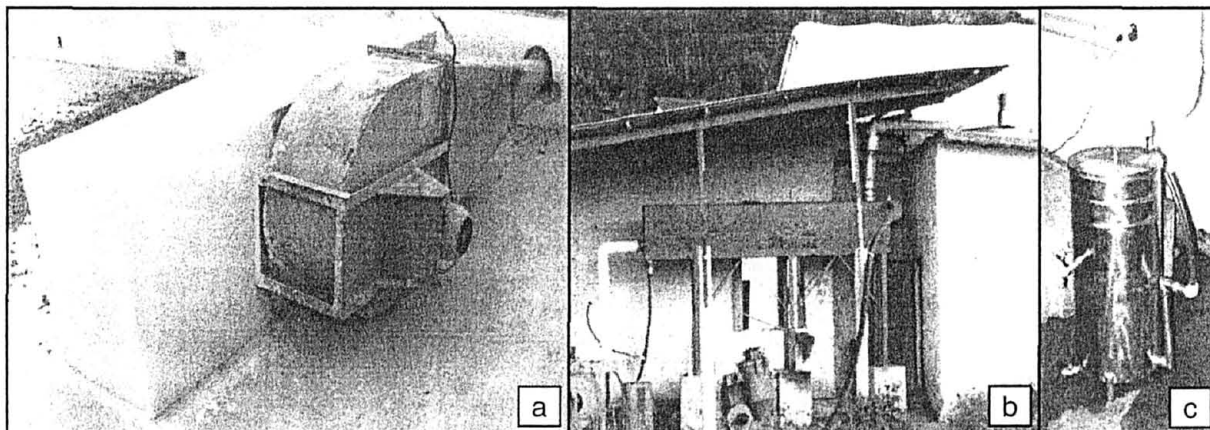


FIGURA 2 – Adaptações feitas ao secador para captação do vapor d'água em processo paralelo à secagem em camada fixa: a – exaustor (ventilador centrífugo); b – condensador; c – vaso Florentino. Campo Largo, PR. 2005

Após algumas tentativas, obteve-se um condensado (água recuperada) límpido e com aroma agradável. Porém, por não ter sido visualizada uma substância oleosa de cor azul intenso, típico do óleo essencial da camomila, esse processo de condensação foi desativado, uma vez que o produtor acreditou não ter tido êxito. Este empirismo veio de encontro às hipóteses elaboradas a partir dos resultados do trabalho de dissertação (Borsato *et al.*, 2005a,b). Estes autores, após avaliarem o processo de secagem da camomila sob diferentes temperaturas e vazões específicas do ar, afirmam que seus estudos indicam que a perda do óleo essencial da camomila é inevitável e sugerem sua recuperação em processo paralelo à secagem.

Anteriormente à execução dos experimentos, foi realizado um diagnóstico de funcionamento do secador, monitorando-se periodicamente as condições de secagem por meio de sensores eletrônicos de temperatura e com termômetros de bulbo e psicrômetros, distribuídos estrategicamente pela câmara de secagem (Anexo 8.3). Dessa forma, monitorando-se as temperaturas do ar e da massa de camomila foi possível realizar alguns ajustes de modo a uniformizar o processo de secagem no referido equipamento.

Os experimentos foram realizados nas safras de 2003, 2004 e 2005 submetendo os capítulos florais de camomila à secagem em camada fixa com temperaturas do ar de 80, 70

e 60° C, respectivamente, baseando-se em recomendações de Borsato *et al.* (2005a) como temperaturas mais adequadas à secagem da camomila.

Anteriormente a cada processo de secagem foi realizada a colheita mecanizada (Figura 3a) dos capítulos florais de camomila, entre os meses de outubro e dezembro, correspondente à safra desta espécie. Os capítulos florais foram imediatamente transportados (Figura 3b) à unidade de pré-processamento (Figura 3c), onde foram submetidos ao processo de seleção (Figura 3d) em peneira de 2 mm de diâmetro, de modo que somente o material caracterizado pelo maior número de capítulos florais avulsos – comercialmente denominado de camomila de primeira – fosse utilizado para os experimentos de secagem.

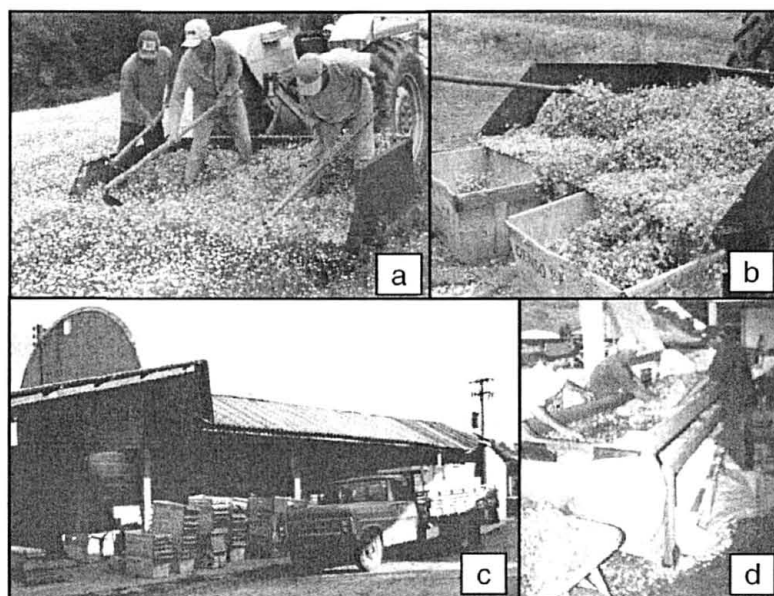


FIGURA 3 – Processo de colheita e transporte da camomila: a – colheita mecanizada; b – caixas para transporte; c – recepção da camomila colhida; d – classificação. Campo Largo, PR. 2005

Então, foram realizadas as amostragens iniciais, correspondentes ao tempo zero de secagem. Para que a capacidade do secador fosse atingida era necessário um dia todo de colheita. Os processos de secagem foram executados desde o final da tarde até a manhã do dia seguinte.

Para cada processo de secagem foi utilizada cerca de uma tonelada de capítulos florais de camomila – correspondentes à capacidade do secador – que foram distribuídos de maneira uniforme sobre a chapa metálica perfurada que compõe a câmara de secagem, resultando numa camada de altura em torno de 15cm. Durante todo o processo de secagem

as temperaturas do ar e da massa de camomila foram monitoradas periodicamente por meio de termômetros digitais acoplados a sensores distribuídos em seis pontos estratégicos da câmara de secagem (Anexos 8.3 e 8.4). O controle da temperatura do ar de secagem foi feito por meio de um termostato digital (Figura 4a) acoplado ao flap (Figura 4b) de entrada de ar ambiente. Diante da dificuldade de determinação instantânea do teor de água da camomila, a secagem foi interrompida quando houve equivalência entre as temperaturas do ar e da massa de camomila, além da avaliação visual e por meio do tato.

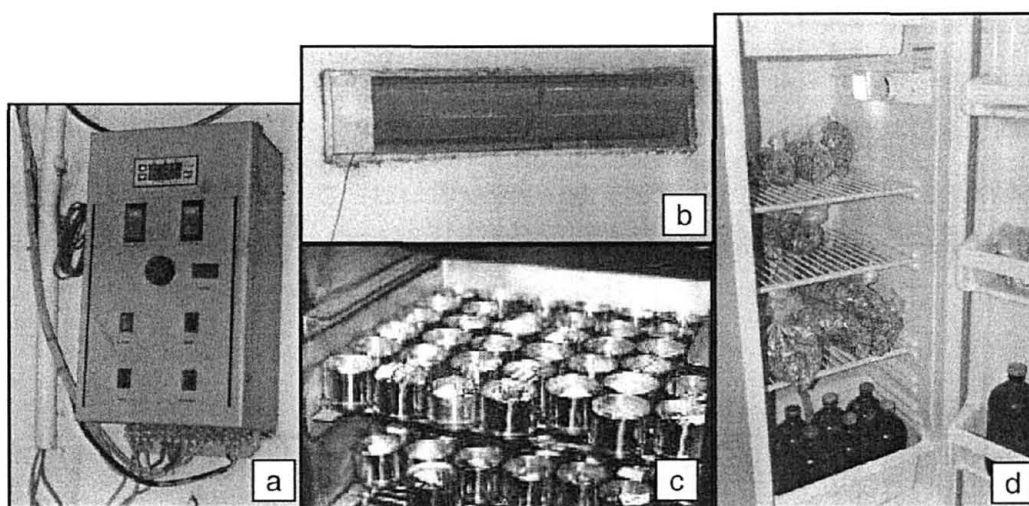


FIGURA 4 – Monitoramento do processo de secagem em camada fixa de capítulos florais de camomila: a – termostato digital; b – flap entrada de ar ambiente; c - determinação do teor de água pelo método da estufa (Brasil, 1992); d – acondicionamento das amostras em refrigerador. Campo Largo, PR. 2005

Além da amostragem tempo zero, foram efetuadas amostragens a cada três horas, durante todo o processo de secagem, tomando-se aleatoriamente amostras compostas de cerca de 0,25 kg de capítulos florais, em cinco pontos da câmara de secagem. Desse montante, 0,05 kg foi utilizado para determinação do teor de água da camomila por meio do método da estufa (Figura 4c) a  $105 \pm 3^\circ \text{C}$  por 24 horas (Brasil, 1992), em duas repetições, cujo resultado foi expresso em porcentagem de base úmida.

O restante da amostra (0,2 kg) foi imediatamente acondicionado em saco de polietileno, devidamente identificado e fechado, permanecendo em refrigerador (Figura 4d), para posteriores determinação do teor de óleo essencial da camomila. Os teores de água e de óleo foram determinados no laboratório da CHAMEL.

O teor de óleo essencial da camomila foi determinado por meio do método de hidrodestilação, utilizando o aparelho do tipo Clevenger (Wasicky, 1963). Amostras de 0,1



kg, em duas repetições, foram colocadas em balão volumétrico de 2 L com aproximadamente 0,9 L de água, acoplado ao hidrodestilador, que aquecido por manta elétrica, permaneceu em ebulição por quatro horas (Figura 5a). O óleo essencial foi volatilizado e arrastado pelo vapor d'água até o condensador. Por diferença de densidade o óleo e a água, já condensados, foram mantidos separados, facilitando sua leitura em escala graduada do Clevenger (Figura 5b) depois de encerrado o período de hidrodestilação. O teor de óleo foi expresso em porcentagem de base seca, considerando o volume total de óleo e a massa seca inicial da amostra de camomila.

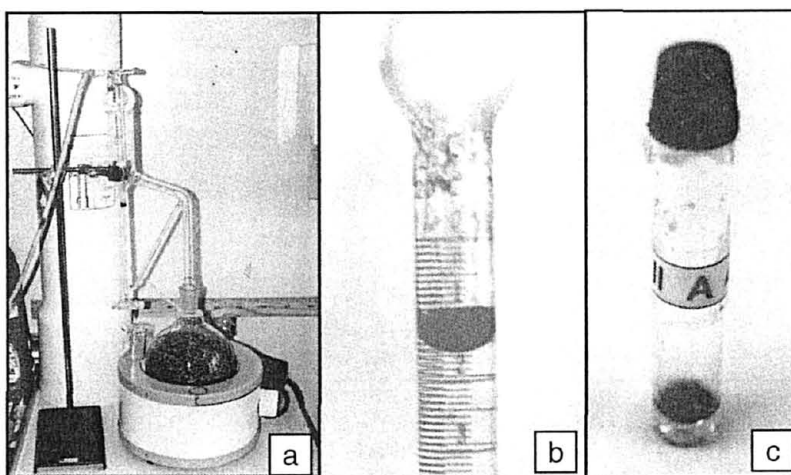


FIGURA 5 – Determinação do teor de óleo essencial da camomila durante o processo de secagem em camada fixa: a - hidrodestilação, em Clevenger (Wasicky, 1963); b – leitura em escala graduada; c – identificação e acondicionamento. Campo Largo, PR. 2005

Simultaneamente ao processo de secagem obteve-se o condensado (água recuperada) límpido e de aroma agradável, a partir do vapor d'água, resultante da secagem da camomila, que foi conduzido ao condensador. A cada três horas, durante todo o processo de secagem, por meio de proveta, foi mensurado o volume acumulado deste condensado no vaso Florentino. O condensado foi submetido ao processo de hidrodestilação para determinação do teor de óleo essencial, recuperado em processo simultâneo à secagem. Amostras de 1 L foram colocadas em balão volumétrico de 2 L, acoplado ao hidrodestilador, em ebulição por três horas.

Além da determinação do teor (quantitativa) de óleo essencial da camomila foi também realizada a determinação da sua composição química (qualitativa). Para isso, o óleo obtido por meio da hidrodestilação, tanto a partir dos capítulos florais quanto a partir do

condensado, foi colocado em recipiente de vidro, de capacidade volumétrica de três mililitros, fechado com tampa de rosca, depois de envolver a rosca com teflon (Figura 5c).

Os frascos permaneceram em ambiente escuro e resfriado, sendo posteriormente encaminhados ao Laboratório de Análises de Combustíveis Automotivos - LACAUT, da UFPR. Nesse laboratório foi determinado qualitativamente o óleo essencial da camomila e identificados seus componentes principais. Para tanto, o método analítico ou as condições operacionais de cromatografia gasosa foram desenvolvidas especificamente para as referidas amostras de óleo essencial da camomila, de modo a obter melhor resolução dos resultados.

Para a identificação dos componentes do óleo essencial da camomila, por meio da cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa (Simões, 1999), foi utilizado equipamento Varian GC-MS, modelo CP 3800/Saturn 2000 (Figura 6a), com íon trap, com coluna capilar Chrompack de sílica fundida (CP-SIL PONA CB, 0,25 mm de diâmetro interno, 100 m de comprimento e 0,5  $\mu\text{m}$  de filme líquido). Foi injetado 0,5  $\mu\text{L}$  de amostra de óleo essencial em razão de split 1:100, com Temperatura <sub>inicial</sub>: 120° C, com Tempo inicial: 22 min., Rampa de Aquecimento: 10° C.min.<sup>-1</sup>, Temperatura <sub>final</sub>: 230° C, Tempo de corrida total: 53 min..

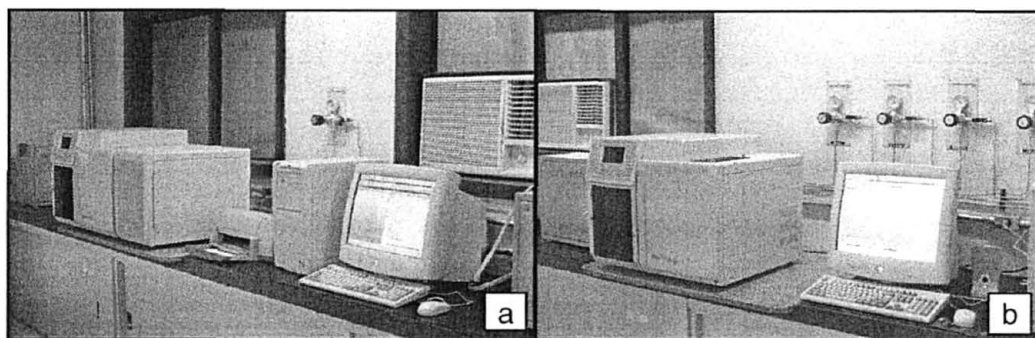


FIGURA 6 – Equipamentos para determinação da composição química do óleo essencial da camomila obtido durante os processos de secagem em camada fixa: a – identificação, por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa (CG-EM); b – quantificação, por cromatografia gasosa e ionização de chama (CG-FID). Curitiba, PR. 2005

A vazão de gás de arraste (Helio) foi de 2 mL.min.<sup>-1</sup>, a temperatura do injetor de 200° C, a temperatura do transfer line de 200° C, a temperatura do manifold de 120° C, a temperatura do íon trap de 170° C, a pressão na coluna de 49,5 psi, a energia de ionização de 60 eV, por meio de impacto de elétrons e modulação axial de 4 V. O espectro de massa de cada componente do óleo essencial da camomila foi criteriosamente analisado em

comparação aos espectros do acervo das bibliotecas Saturn (GC-MS versão 5.51) e Nist (98 MS, versão 1.7).

A quantificação dos componentes do óleo essencial da camomila foi realizada por meio da cromatografia gasosa (Simões, 1999), utilizando equipamento Varian, modelo CP 3800 (Figura 6b), com detector de ionização de chama (CG-FID), com coluna capilar Chrompack de sílica fundida (CP-SIL 88 for FAME, 0,25mm de diâmetro interno, 50 m de comprimento e 0,2  $\mu$ m de filme líquido). Amostras de óleo essencial de camomila foram pesadas em balança analítica de precisão e diluídas em 1 mL de solvente (hexano). Deste montante, 1  $\mu$ L foi injetado em razão de split 1:100, com Temperatura inicial: 120° C, com Tempo inicial: 22 min., Rampa de Aquecimento: 10° C.min.<sup>-1</sup>, Temperatura final: 230° C, Tempo de corrida total: 53 min.. A vazão de gás de arraste (Helio) foi de 1 mL.min.<sup>-1</sup>, e temperatura de injetor de 250° C, a temperatura de FID de 300° C, a pressão na coluna de 25 psi. Gás de make up: ar sintético, nitrogênio e hidrogênio.

Para os três experimentos foi utilizado o delineamento experimental inteiramente ao acaso com três repetições. Os tratamentos correspondem aos tempos de secagem dos respectivos experimentos. Foram elaboradas regressões polinomiais ( $P \leq 0,01$ ) representando as curvas de secagem para cada experimento, relacionando o tempo de secagem com os teores de água e de óleo essencial, bem como seus componentes químicos majoritários.

As Avaliações de microscópica dos capítulos florais e das propriedades físico-químicas do óleo essencial da camomila foram realizadas, em caráter complementar, a partir das amostras anteriormente referidas.

Na safra de 2005, as amostras utilizadas para a microscopia eletrônica de varredura foram coletadas a cada três horas de secagem, durante a execução do experimento a 60° C. Para desidratação em série etílica decrescente, os capítulos florais da camomila permaneceram por 48 horas imersos em solução de FAA 70%, posteriormente transferidos para solução de álcool 70%, onde permaneceram até pré-microscopia. Vinte e quatro horas antes da avaliação microscópica, os capítulos florais foram transferidos para solução de álcool Merck PA. Estas amostras foram então levadas ao Centro de Microscopia Eletrônica – CME da UFPR, submetendo-as ao ponto crítico e metalização (Figura 7a). O suporte com a amostra metalizada (Figura 7b) foi então submetido à visualização microscópica (Figura 7c). (Grinstone, 1980; Bozzola e Russell, 1992).

No Laboratório de Fitoquímica do Departamento de Farmácia da UFPR, no ano de 2005, foram avaliadas as propriedades físico-químicas do óleo essencial da camomila, tais como: perfil cromatográfico, densidade relativa, solubilidade e índice de refração (Moreira e

Krambeck, 1976; Wagner *et al.*, 1983; Nakashima *et al.*, 1985; Farmacopéia Brasileira, 1996). Para tanto, foram utilizadas duas amostras de óleo essencial da camomila, sendo uma do óleo extraído a partir dos capítulos florais e a outra do óleo extraído a partir da água recuperada (condensado) em processo paralelo à secagem.

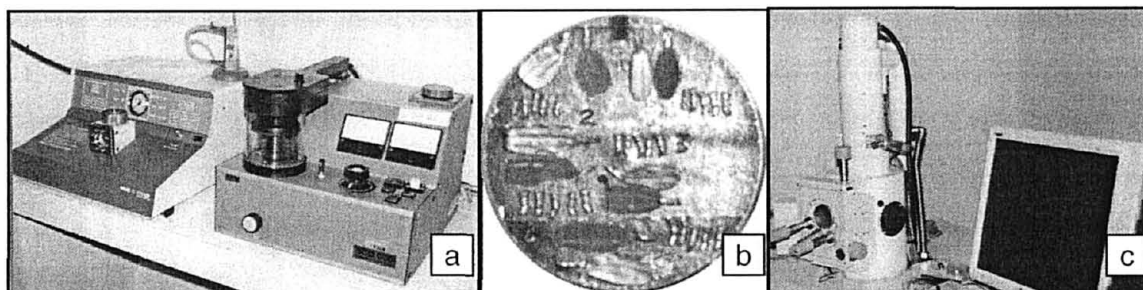


FIGURA 7 – Microscopia eletrônica de varredura (MEV) em capítulos florais de camomila, durante o processo de secagem em camada fixa a 60° C: a – ponto crítico (BAL-TEC CPD – 030) e metalização (SCD 030 – Balzers Union FL 9496); b – suporte com amostra metalizada; c – visualização no MEV (JEOL JSM – 6360LV). Curitiba, PR. 2005

Por meio da cromatografia de camada delgada (CCD) foram avaliados os perfis cromatográficos das amostras de óleo essencial da camomila utilizando como fase móvel tolueno: acetato de etila na proporção 93:7 (v/v) e como reveladores foram utilizadas soluções de vanilina fosfórica e vanilina sulfúrica, numa proporção (v/v) de 9:2 e 9:1, respectivamente.

Para determinação da densidade relativa foi utilizado o método do tubo capilar. Este consiste na razão de sua massa pela massa de igual volume em água, numa mesma temperatura.

A solubilidade do óleo essencial de camomila foi determinada em três concentrações de álcool etílico (70, 80 e 90% p/v). Foi utilizado 0,1 mL de amostra, sobre a qual gotejou-se o álcool etílico, sob agitação constante (0,1 mL de cada vez), até dissolução total do óleo.

O índice de refração foi determinado por meio da utilização de um refratômetro Abbé-Zeiss, cujo método baseia-se na medida direta do ângulo de refração pela observação direta do limite de reflexão total da luz, mantendo as amostras dentro das condições de isotropismo e transparência.

O poder rotatório foi determinado a 20° C em polarímetro com luz monocromática de sódio, utilizando um tubo de 0,1 m de comprimento. Essa determinação foi realizada apenas para a amostra de água recuperada (condensado) em processo paralelo à secagem, pois não se dispunha de volume suficiente para as demais amostras de óleo essencial.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Entre as safras de camomila, correspondentes ao período do ano de 2003 a 2005, foram conduzidos três experimentos de secagem, utilizando as respectivas temperaturas de 80, 70 e 60° C. Na seqüência, para cada experimento, estão apresentados e discutidos os dados obtidos, referentes à: curva de secagem; rendimento, tanto do óleo essencial da camomila quanto da água recuperada (condensado); e, a composição química do óleo essencial da camomila, extraído tanto a partir de capítulos florais quanto da água recuperada.

Para o experimento referente à temperatura de 60° C, além dos parâmetros anteriormente citados, também são apresentados os dados obtidos referentes à: microscopia eletrônica de varredura dos capítulos florais; propriedades físico-químicas (perfil cromatográfico, densidade relativa, solubilidade, índice de refração e poder rotatório) do óleo essencial da camomila.

### 4.1 PROCESSO DE SECAGEM EM CAMADA FIXA A 80° C

#### 4.1.1 Curva de Secagem

Os dados que representam, nesse experimento, a relação entre tempo de secagem e os teores de água e de óleo essencial da camomila estão dispostos na figura 8.

Em relação ao teor de água, foi possível observar que ao submeter a camomila ao processo de secagem com temperatura do ar de 80° C, houve redução significativa linear, indicando boa eficiência do processo. A taxa de secagem obtida neste experimento foi constante, diferindo tanto daquela obtida por Borsato *et al.* (2005a) quanto daquela considerada padrão para a secagem de sólidos (Hall, 1957). A taxa de secagem constante tem sido observada comumente para folhas e caules de espécies medicinais, aromáticas, condimentares e forrageiras (Martins *et al.*, 2000; Blanco, 2000; Blanco *et al.*, 2000). Diferentemente das sumidades florais e raízes, a secagem de folhas e caules herbáceos é favorecida por possuírem menor teor de água inicial e anatomia favorável à perda de água (Curioni, 1998).

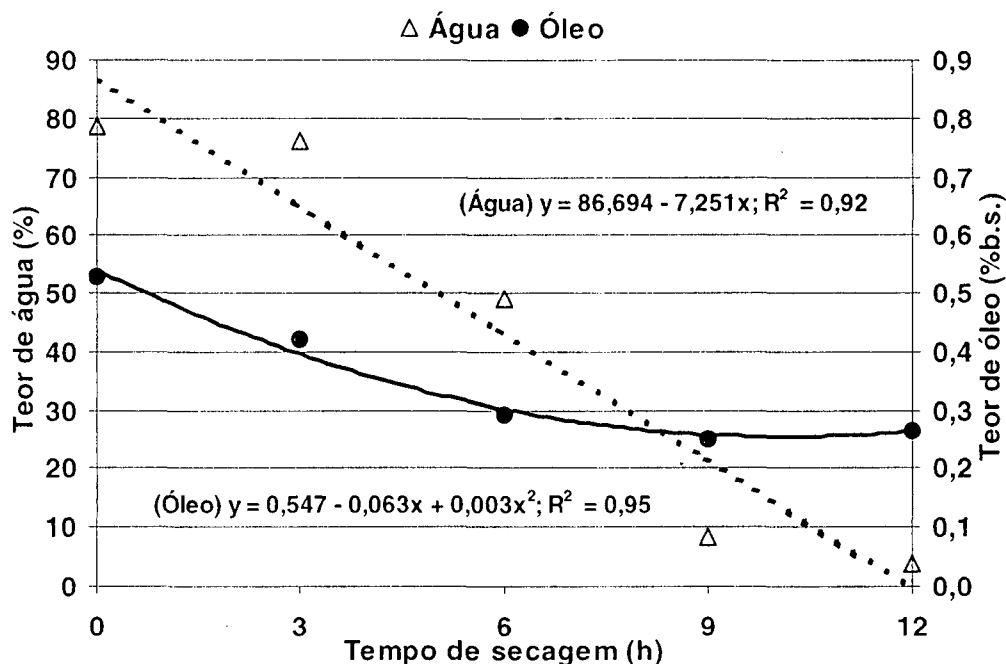


FIGURA 8 – Teores médios de água e de óleo essencial de capítulos florais de camomila, durante o processo de secagem em camada fixa a 80° C. Campo Largo, PR. 2003

Ainda na figura 8 é possível observar que a partir de nove horas de secagem o teor de água da camomila já havia sido reduzido em níveis inferiores a 10% (Tabela 1), sendo este valor comumente considerado satisfatório para o armazenamento (Garrido, 1988; Cruz, 1990; Muñoz, 1993). Assim, por ter sido prolongado o processo de secagem por mais três horas, foi inevitável a secagem excessiva da camomila, cujo teor de água final foi de 3,68% (Tabela 1). Este é um dos grandes problemas inerentes ao processo de secagem de plantas medicinais, uma vez que inexistem metodologias instantâneas para determinação de umidade deste tipo de produto, acessíveis aos agricultores.

Assim, o momento de término da secagem é dificultado, pois os agricultores utilizam apenas metodologias subjetivas como a percepção pelo tato e visual, que têm sido ineficazes na maioria dos casos. Neste experimento, a secagem poderia ter sido encerrada três horas antes, diminuindo o risco de influenciar negativamente a qualidade do produto, além de evitar maiores despesas com mão-de-obra e consumo de combustível.

TABELA 1 – Médias (%) de teor de água, de rendimento e composição química do óleo essencial da camomila e da água recuperada, durante o processo de secagem em camada fixa a 80° C. Campo Largo, PR. 2003

Variáveis	Tempo de secagem (h)						Tempo de Retenção (min.)			
	0	3	6	9	12	Ar <sup>1</sup> 3	Ar <sup>1</sup> 6	Ar <sup>1</sup> 9	CPSil 88 <sup>2</sup>	Pona <sup>2</sup>
Teor de água	78,68	75,98	49,15	8,45	3,68	-	-	-	-	-
Teor de óleo (% v/m)	0,53	0,42	0,29	0,25	0,27	0,042	0,037	0,035	-	-
Teor de óleo (% m/m)	0,49	0,39	0,27	0,23	0,24	0,029	0,026	0,025	-	-
Água recuperada-Ar <sup>1</sup> (L)	-	-	-	-	-	18,1	25,4	8,5	-	-
Alfa-Farneseno	1,218	1,822	0,299	0,549	1,013	-	-	-	5,997	38,763
Óxido de Cariofileno	1,647	2,861	0,504	0,464	0,820	-	-	-	7,728	38,023
Cariofileno	5,830	5,700	5,966	13,006	12,901	-	-	-	11,399	37,420
Alfa-Pineno	0,781	0,918	0,773	1,222	1,905	0,374	0,699	0,737	13,807	18,665
Artemisia cetona	2,666	2,988	2,433	3,033	2,864	-	-	-	14,020	19,166
3-Careno	1,097	1,135	1,003	2,873	1,847	-	-	-	14,503	20,011
Azuleno	0,632	0,687	0,557	1,097	0,763	-	-	-	15,557	32,842
Gama-Muroleno	0,466	0,401	0,301	0,479	0,550	-	-	-	26,662	43,321
Óxido de Bisabolol B	24,485	28,033	25,649	23,160	23,552	48,720	34,945	33,496	27,201	43,811
Alfa-Bisabolol	12,390	13,211	13,566	11,536	12,441	9,246	4,882	7,928	28,163	44,329
Óxido de Bisaboleno	3,319	2,837	4,337	2,238	1,243	2,507	1,453	1,969	29,208	44,604
Camazuleno	10,885	8,811	8,272	6,611	5,079	-	-	-	32,994	47,008
Óxido de Bisabolol A	16,197	13,091	15,089	11,576	12,335	31,518	52,628	48,398	34,766	46,512
1,6-Dioxaspiro...	1,508	0,376	0,788	0,142	0,213	-	-	-	35,150	51,167
Outros	16,882	17,127	20,463	22,016	22,476	7,634	5,392	7,472	-	-

<sup>1</sup> Água recuperada por condensação em processo paralelo à secagem – valores em Litros; <sup>2</sup> Coluna capilar Chrompack de sílica fundida para cromatografia gasosa.

#### 4.1.2 Rendimento:

##### a) Óleo essencial da camomila

O teor de óleo essencial da camomila foi reduzido significativamente durante todo o processo de secagem, cuja tendência é representada por uma equação polinomial de segundo grau (Figura 8), diferentemente do teor de água. Este comportamento também difere daquele observado por Borsato *et al.* (2005a), em que a redução do teor de óleo essencial da camomila foi significativa no início e no final da secagem, tendo uma fase intermediária de estagnação.

Entretanto, são raros os trabalhos que apresentam a relação entre teor de óleo essencial e tempo de secagem. A maioria cita apenas os teores iniciais e finais do óleo essencial em relação aos tratamentos térmicos utilizados, dificultando sua comparação com as informações obtidas neste experimento. Este é o caso do estudo realizado por Müller e Mühlbauer (1990), que não observaram redução significativa do teor de óleo essencial de camomila sob diferentes temperaturas de secagem.

A partir da sexta hora de secagem, o teor de óleo essencial já estava abaixo do mínimo exigido (0,4%) pela Farmacopéia Brasileira (1996) para que a camomila seja considerada uma droga (Figura 8). Isto foi favorecido pelo fato do teor inicial de óleo essencial ter sido inferior (Tabela 1) ao comumente encontrado (1-1,3%). Entre o período de 6 a 12 horas de secagem, a redução do teor de óleo essencial não foi significativa, indicando que não houve efeito negativo da secagem excessiva da camomila, que ocorreu a partir da nona hora (Figura 8). Como era esperado, a perda de óleo essencial ocorreu de forma significativa, sendo de 52,8% durante todo o processo de secagem. Este valor poderia ter sido ainda maior se o teor inicial de óleo essencial da camomila não tivesse sido tão baixo.

##### b) Água recuperada (condensado)

Esta água recuperada é um produto inédito. Isto dificulta a comparação dos dados aqui apresentados, devido a inexistência de outros estudos. Trata-se de um condensado límpido e de aroma suave agradável, característico da camomila. Porém é distinto do aroma



e da coloração característicos do seu óleo essencial, que, por sua vez, tem odor forte e coloração azul-intenso.

O volume de água recuperada e seu teor de óleo essencial estão apresentados na figura 9. A água recuperada em processo paralelo à secagem da camomila teve seu maior rendimento com seis horas de secagem. Após três horas, seu rendimento foi superior ao das nove horas de secagem, quando a coleta foi interrompida devido a súbita diminuição do condensado, provavelmente devido a camomila apresentar, neste período, teor de água inferior a 10% (Figura 8).

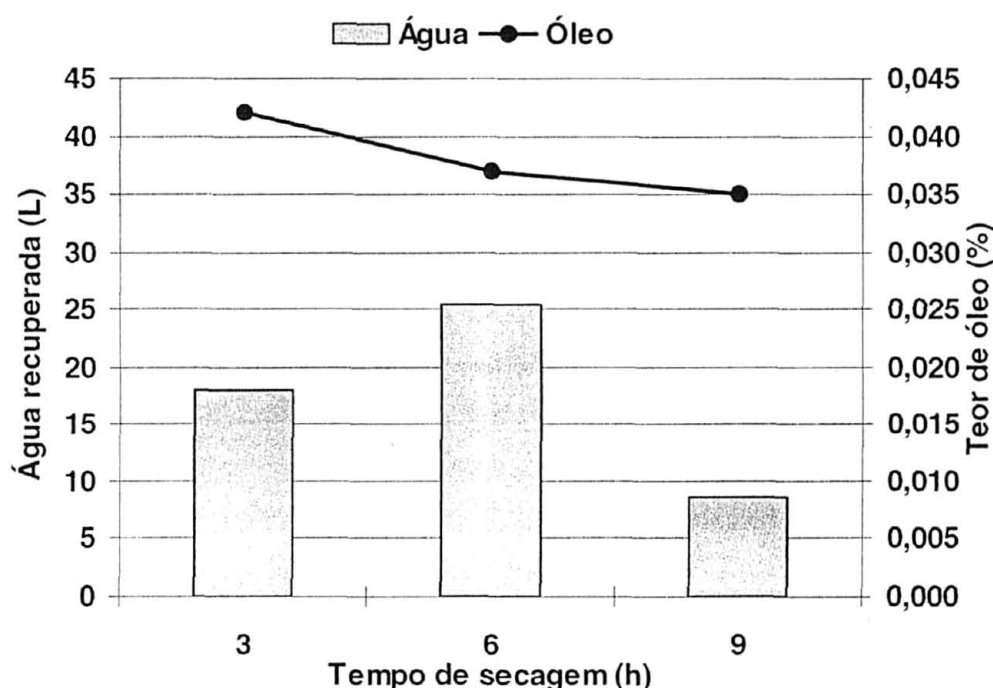


FIGURA 9 – Volume de água recuperada (condensado) e seu teor de óleo essencial, durante o processo de secagem em camada fixa da camomila a 80° C. Campo Largo, PR. 2003

Era esperado que o rendimento da água recuperada fosse equivalente ao teor de água evaporado durante o processo de secagem, obedecendo a uma tendência de crescimento linear. Porém, isto não foi observado provavelmente devido a ineficiência do processo de exaustão e condensação diante do excesso de vapor d'água produzido. Assim, parte do vapor d'água produzido a partir da sexta hora, ou não era captado – escapando pelas portas do secador (Anexo 8.4f) – ou não era condensado devido o dimensionamento possivelmente inadequado do condensador. O rendimento do teor de água recuperada foi aquém do potencial de produção de água a partir dos capítulos florais da camomila, pois considerando o teor de água inicial de 78,7% (Tabela 1), poder-se-ia obter cerca de 787

litros de água, enquanto foram recuperados apenas 52 litros, cerca de apenas 6,6% do total de água possivelmente evaporada.

A concentração de óleo essencial presente na água recuperada foi baixa. Em relação ao tempo de secagem, seu rendimento foi maior nas três primeiras horas, decrescendo durante o processo, porém em proporções inferiores à redução do rendimento da água recuperada. Isto indica que o rendimento de óleo essencial foi praticamente constante – variando apenas de 0,035 a 0,042, equivalente à redução de 16,7% (Tabela 1) – durante o processo de secagem, embora o rendimento de água tenha sido subitamente reduzido na nona hora de secagem.

#### 4.1.3 Composição Química:

A relação entre o tempo de secagem e a composição química do óleo essencial, tanto daquele extraído a partir de capítulos florais da camomila, quanto daquele a partir da água recuperada, está apresentada na tabela 1. Seus respectivos cromatogramas e espectros de massa podem ser visualizados nos anexos 9.1 ao 9.16.

##### a) Óleo essencial a partir de capítulos florais de camomila

A composição química do óleo essencial da camomila a partir de capítulos florais é constituída principalmente por monoterpenos e sesquiterpenos. Foram identificadas as seguintes substâncias químicas, por ordem de eluição, com suas respectivas variações de concentração (Tabela 1): alfa-farneseno (0,3-1,8%), óxido de cariofileno (0,5-2,9%), cariofileno (5,7-13,0%), alfa-pineno (0,8-1,9%), artemísia cetona (2,4-3,0%), 3-careno (1,0-2,9%), azuleno (0,6-1,1%), gama-muroleno (0,3-0,6%), óxido de bisabolol B (23,2-28,0%), alfa-bisabolol (11,5-13,6%), óxido de bisaboleno (1,2-4,3%), camazuleno (5,1-10,9%), óxido de bisabolol A (11,6-16,2%), 1,6-dioxaspiro... (0,1-1,5%) e outros (16,9-22,5%).

Nas figuras 10 e 11 é possível visualizar, para cada substância química identificada no óleo essencial da camomila a partir de capítulos florais, a tendência de sua relação com o tempo de secagem. A variação observada em relação ao tempo de secagem foi significativa somente para o camazuleno, cuja tendência se deu conforme uma equação linear (Figura 12). Isto indica que a concentração desta substância química reduziu de

maneira constante durante o processo de secagem. As demais substâncias químicas identificadas não foram influenciadas de forma significativa durante o processo de secagem.

Entretanto, numericamente observa-se que houve aumento da concentração de algumas substâncias em relação ao tempo de secagem, tais como cariofileno, alfa-pineno, 3-careno e outros. Enquanto que houve redução quantitativa para as substâncias alfa-farneseno, óxido de cariofileno, óxido de bisabolol B, óxido de bisaboleno, óxido de bisabolol A e 1,6-dioxaspiro (Tabela 1).

Assim, os principais componentes identificados a zero hora de secagem no óleo essencial da camomila, por ordem de predominância, foram: óxido de bisabolol B, óxido de bisabolol A, alfa-bisabolol, camazuleno, cariofileno, artemísia cetona, óxido de bisaboleno, óxido de cariofileno. Durante o processo de secagem esta ordem foi alterada principalmente pelo aumento da concentração de cariofileno, alfa-pineno e 3-careno (Tabela 1). Enquanto que para os óxidos, em geral, foi constatado diminuição de suas concentrações.

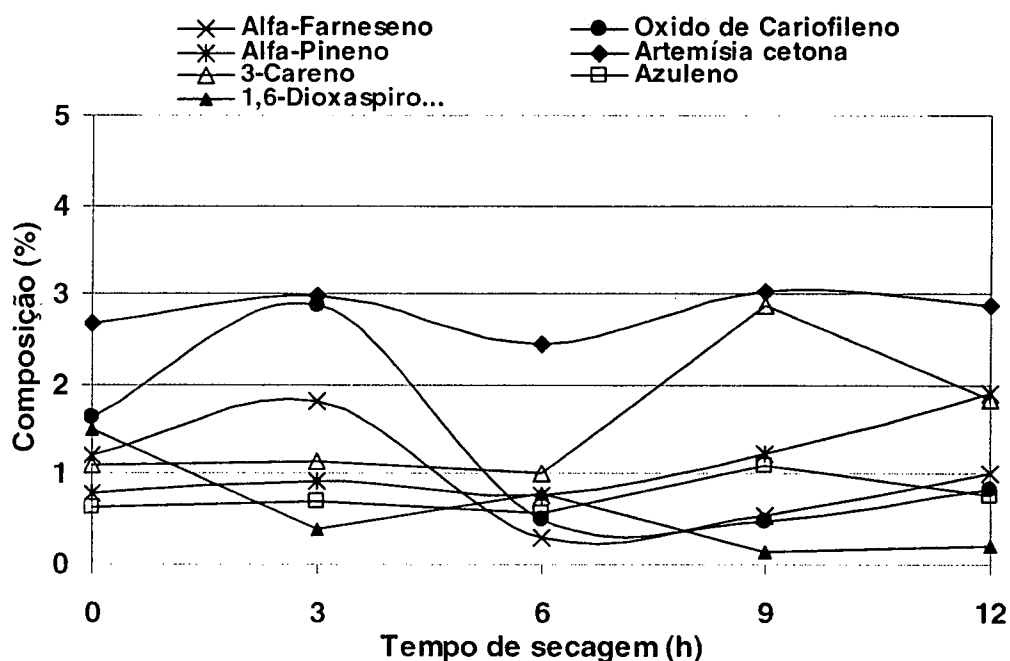


FIGURA 10 – Composição química do óleo essencial de capítulos florais de camomila, durante o processo de secagem em camada fixa a 80° C. Curitiba, PR. 2003

As substâncias químicas identificadas no óleo essencial da camomila a partir de capítulos florais estão entre as principais citadas pela literatura. O percentual de identificação do presente estudo situa-se em torno de 80,3%, valor considerado satisfatório para este tipo de estudo. As variações de suas concentrações estão coerentes com demais estudos encontrados na literatura. Entretanto, a comparação destas informações torna-se

limitada em função da inexistência de outros trabalhos que relacionem a composição química do óleo essencial da camomila com o tempo de secagem.

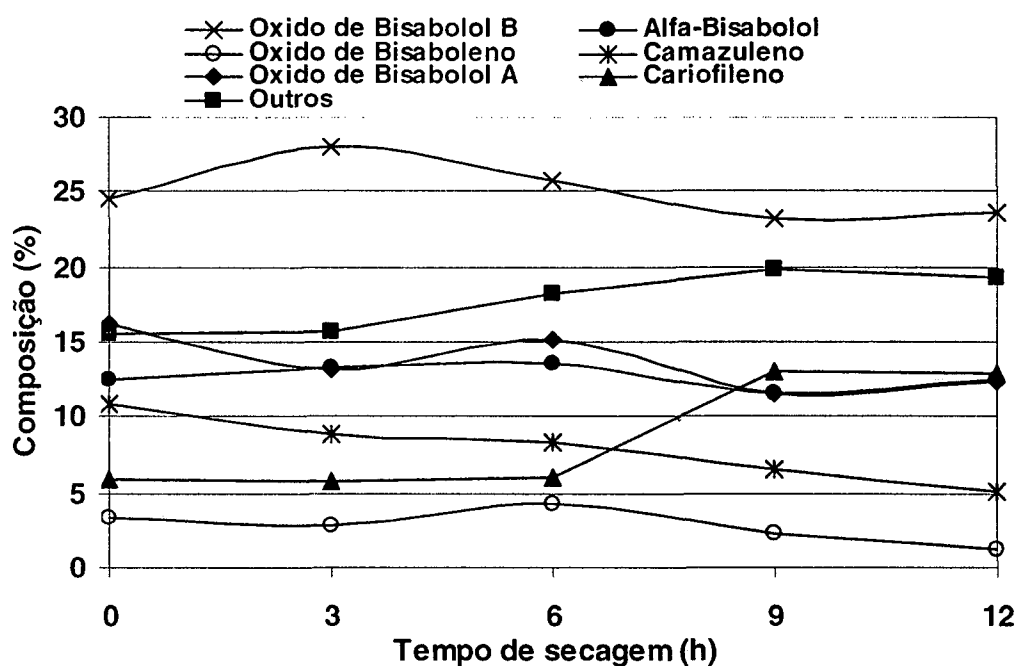


FIGURA 11 – Demais componentes químicos do óleo essencial de capítulos florais de camomila, durante o processo de secagem em camada fixa a 80° C. Curitiba, PR. 2003

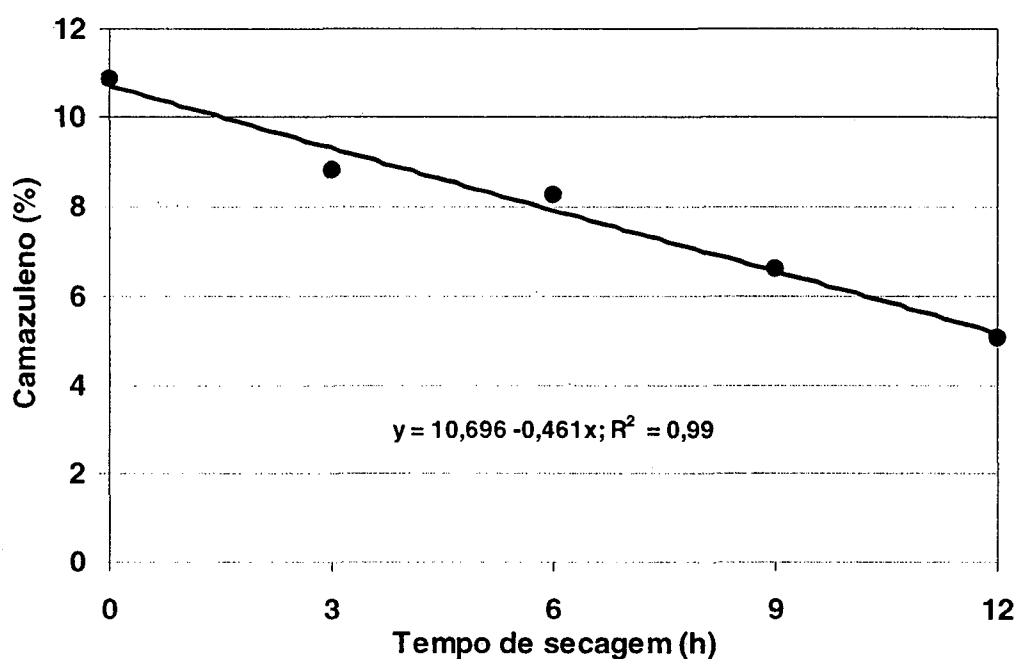


FIGURA 12 – Teor de camazuleno no óleo essencial de capítulos florais de camomila, durante o processo de secagem em camada fixa a 80° C. Curitiba, PR. 2003

b) Óleo essencial a partir da água recuperada (condensado)

A composição química do óleo essencial da camomila, a partir da água recuperada em processo paralelo à secagem, é constituída principalmente por sesquiterpenos. Foram identificadas as seguintes substâncias químicas, por ordem de eluição, com suas respectivas variações de concentração (Tabela 1 e Figura 13): alfa-pineno (0,34-0,74%), óxido de bisabolol B (33,5-48,7%), alfa-bisabolol (4,9-9,2%), óxido de bisaboleno (1,5-2,5%), óxido de bisabolol A (31,5-52,6%) e outros (5,4-7,6%). Em relação ao óleo essencial a partir de capítulos florais, algumas substâncias químicas não foram encontradas, tais como: alfa-farneseno, óxido de cariofileno, cariofileno, artemísia cetona, 3-careno, azuleno, camazuleno e 1,6-dioxaspiro.... A ausência de camazuleno neste óleo essencial é responsável por sua coloração ser clara, distinta do óleo essencial extraído a partir de capítulos florais, que é azul intenso. Da mesma forma, devido a ausência das demais substâncias químicas, o aroma do óleo essencial obtido é mais suave que o aroma característico do óleo essencial de camomila.

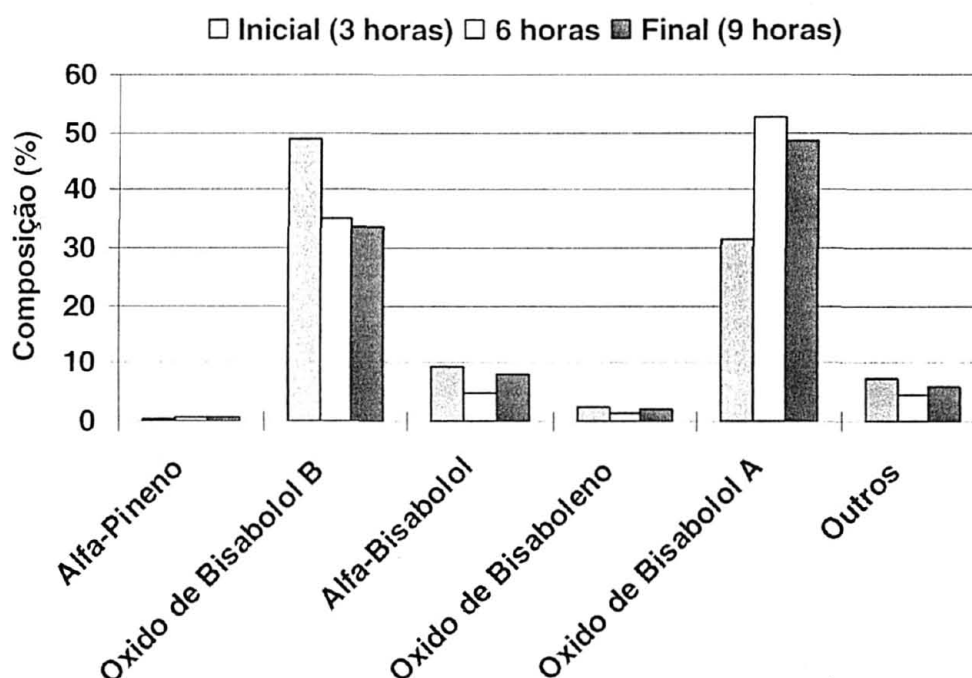


FIGURA 13 – Composição química do óleo essencial obtido a partir da água recuperada (condensado), durante o processo de secagem em camada fixa da camomila a 80° C. Curitiba, PR. 2003

Relacionando a concentração destas substâncias químicas com o tempo de secagem, foi possível constatar um aumento numérico para o óxido de bisabolol A (31,5-

48,4%). Enquanto que para o óxido de bisabolol B foi constatada uma diminuição numérica de sua concentração (48,7-33,5%). As demais substâncias tiveram sua concentração mantida durante o processo de secagem (Figura 13).

Assim, os principais componentes identificados a zero hora de secagem no óleo essencial extraído a partir da água recuperada em processo paralelo à secagem da camomila, por ordem de predominância, foram: óxido de bisabolol B, óxido de bisabolol A, alfa-bisabolol, óxido de bisaboleno e alfa-pineno. Durante o processo de secagem constatou-se uma inversão nesta ordem de predominância, onde a concentração do óxido de bisabolol A aumentou em relação ao óxido de bisabolol B (Tabela 1).

Para o óleo essencial de camomila a partir da água recuperada obteve-se um percentual de identificação em torno de 93% (Tabela 1), sendo superior à identificação das substâncias que constituem o óleo essencial da camomila a partir de capítulos florais.

## 4.2 PROCESSO DE SECAGEM EM CAMADA FIXA A 70° C

### 4.2.1 Curva de Secagem

Diferentemente do experimento anterior, a curva de secagem da camomila submetida a 70° C obedeceu a uma tendência representada por uma equação polinomial de segundo grau (Figura 14). Isto evidencia que a taxa de secagem neste processo se deu de forma progressiva, concordando com as observações de Borsato *et al.* (2005a).

Conforme apresentado na figura 14, a redução do teor de água ocorreu de forma lenta no início do processo de secagem e, no final, de forma rápida. Estas constatações diferem de outros estudos sobre secagem de plantas medicinais, sementes e forrageiras, cuja curva padrão de secagem é descrita por Hall (1957), anexo 7.

Assim como no experimento anterior, o processo de secagem a 70° C foi eficiente, reduzindo o teor de água da camomila de 82% para 6% (Tabela 2), durante o período de 12 horas. Embora o teor final de água da camomila tenha sido inferior a 10%, ao contrário do experimento anterior, a 70° C o tempo de secagem não foi excessivo.

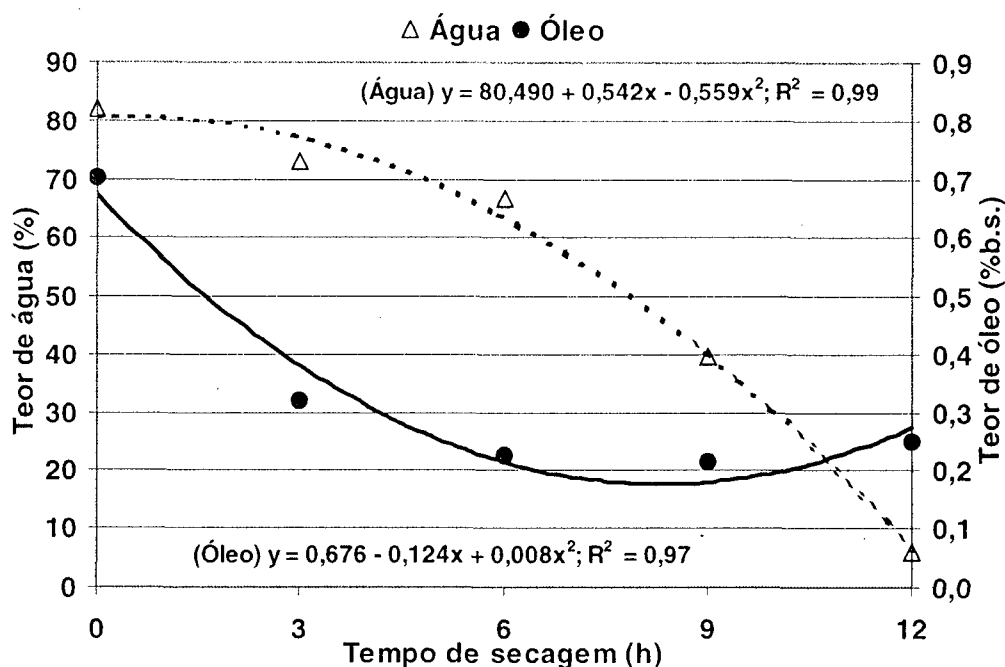


FIGURA 14 – Teores médios de água e de óleo essencial de capítulos florais de camomila, durante o processo de secagem em camada fixa a 70° C. Campo Largo, PR. 2004

#### 4.2.2 Rendimento:

##### a) Óleo essencial da camomila

A relação entre o teor de óleo essencial da camomila e o tempo de secagem também está apresentado na figura 14. A redução do teor de óleo essencial da camomila foi rápida nas três primeiras horas de secagem e, posteriormente relativamente constante. Assim como no experimento anterior, a relação entre tempo de secagem e o teor de óleo pôde ser representada por uma equação polinomial de segundo grau. Porém, em função do maior teor inicial de óleo essencial da camomila (Tabela 2), neste experimento obteve-se maior perda deste princípio ativo, em torno de 68,6%. Este valor está coerente com as observações feitas por Borsato *et al.* (2005a).

Assim como no experimento anterior, o teor final de óleo essencial da camomila ficou abaixo do mínimo exigido pela Farmacopéia Brasileira (1996). Entretanto, neste experimento foi observado que o teor de óleo essencial teve influência mais negativa, uma vez que já nas três primeiras horas de secagem apresentou valor igual a 0,32% (Tabela 2).

TABELA 2 – Médias (%) de teor de água, de rendimento e composição química do óleo essencial da camomila e da água recuperada, durante o processo de secagem em camada fixa a 70° C. Campo Largo, PR. 2004

Variáveis	Tempo de secagem (h)								Tempo de Retenção (min.)	
	0	3	6	9	12	Ar <sup>1</sup> 3	Ar <sup>1</sup> 6	Ar <sup>1</sup> 9	CPSil 88 <sup>2</sup>	Pona <sup>2</sup>
Teor de água	81,98	73,03	66,85	39,78	6,03	-	-	-	-	-
Teor de óleo (% v/m)	0,70	0,32	0,23	0,22	0,25	0,029	0,029	0,021	-	-
Teor de óleo (% m/m)	0,65	0,29	0,21	0,20	0,23	0,020	0,020	0,015	-	-
Água recuperada-Ar <sup>1</sup> (L)	-	-	-	-	-	20,2	22,5	10,1	-	-
Alfa-Farneseno	0,786	0,878	0,804	0,881	0,718	-	-	-	5,997	38,763
Óxido de Cariofileno	0,964	1,029	0,936	1,086	0,909	-	-	-	7,728	38,023
Cariofileno	9,561	9,221	8,476	10,748	12,901	-	-	-	11,399	37,420
Alfa-Pineno	1,941	1,386	1,269	1,672	1,636	0,817	0,451	0,484	13,807	18,665
Artemísia cetona	2,626	2,773	2,760	3,366	3,233	-	-	-	14,020	19,166
3-Careno	1,892	1,774	1,626	1,816	2,117	-	-	-	14,503	20,011
Azuleno	0,972	0,937	0,852	0,936	1,006	-	-	-	15,557	32,842
Gama-Muuroleno	0,262	0,201	0,281	0,291	0,227	-	-	-	26,662	43,321
Óxido de Bisabolol B	23,725	24,035	22,288	24,345	24,121	31,387	30,119	28,907	27,201	43,811
Alfa-Bisabolol	12,101	11,991	11,826	10,739	10,843	4,346	5,288	4,260	28,163	44,329
Oxido de Bisaboleno	3,095	3,061	4,197	3,302	3,011	1,052	1,166	1,125	29,208	44,604
Camazuleno	7,446	6,837	8,314	5,027	5,037	-	-	-	32,994	47,008
Óxido de Bisabolol A	20,310	20,029	15,931	18,288	17,079	52,452	55,604	58,546	34,766	46,512
Outros	14,582	16,049	20,721	17,793	17,388	9,945	7,373	6,679	-	-

<sup>1</sup> Água recuperada por condensação em processo paralelo à secagem – valores em Litros; <sup>2</sup> Coluna capilar Chrompack de sílica fundida para cromatografia gasosa.



## b) Água recuperada (condensado)

Tanto a água recuperada quanto o óleo essencial dela extraído apresentaram as mesmas características de aroma e coloração, em relação ao experimento anterior. De forma semelhante ao experimento anterior, o volume de água recuperada em processo paralelo à secagem da camomila a 70° C foi maior para a sexta hora (22,5 L), embora a diferença tenha sido pequena em relação à terceira hora (20,2 L), podendo ser visualizado na figura 15 e na tabela 2. O rendimento de água recuperada às nove horas de secagem foi menor que o volume recuperado para os demais períodos de secagem, estando coerente com os dados obtidos no experimento anterior. Neste mesmo período, a progressiva redução do volume do condensado foi fator decisivo para a interrupção de sua coleta nas três horas seguintes de secagem, assim como ocorreu no experimento anterior.

Considerando o teor inicial de água da camomila de 82%, estima-se que o volume de água recuperada, neste experimento, poderia ter sido de aproximadamente 820 L. No entanto, obteve-se apenas um volume total de 52,8 L (Tabela 2), cerca de apenas 6,4% do total de água evaporada. Era esperado um volume maior em relação ao experimento anterior, uma vez o teor inicial de água da camomila era de 4% a mais que para o experimento a 80° C. Isto indica, mais uma vez, a limitação do processo de exaustão e de condensação, possivelmente mal dimensionado para tamanha quantidade de vapor d'água.

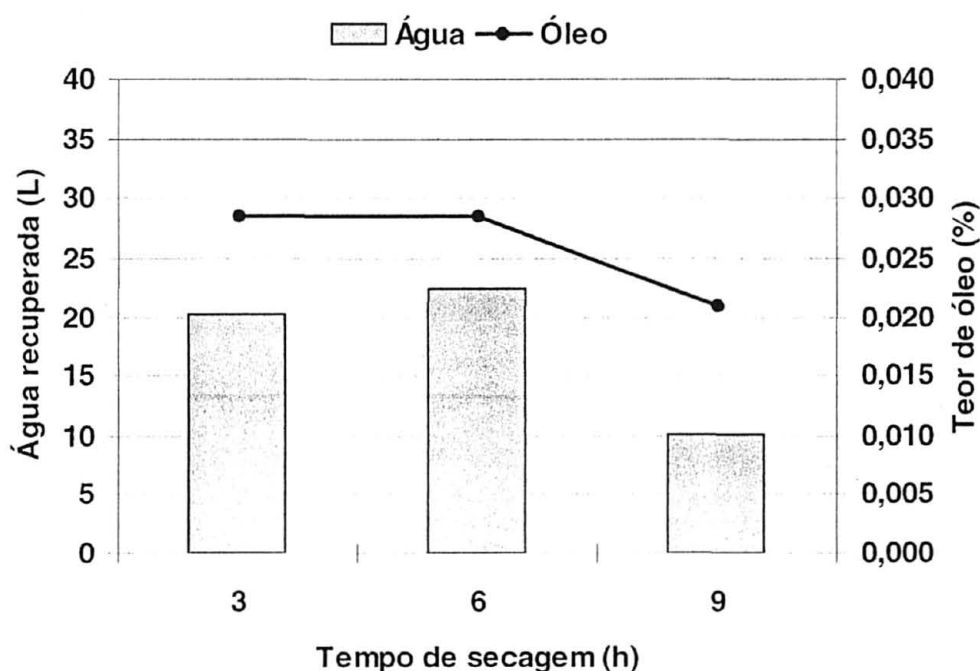


FIGURA 15 – Volume de água recuperada (condensado) e seu teor de óleo essencial, durante o processo de secagem em camada fixa da camomila a 70° C. Campo Largo, PR. 2004

O teor de óleo essencial obtido a partir da água recuperada, neste experimento, foi semelhante (0,02%) entre os períodos de três e seis horas de secagem (Tabela 2), diminuindo subitamente para o período de nove horas (Figura 15). Este fato difere do ocorrido no experimento anterior em que a concentração do óleo essencial na água recuperada decresceu durante o período de secagem. Entretanto, a redução do teor de óleo essencial foi maior que no experimento anterior (16,7%), chegando a 27,6% (Tabela 2).

#### 4.2.3 Composição Química:

A relação entre o tempo de secagem e a composição química do óleo essencial, tanto daquele extraído a partir de capítulos florais da camomila quanto daquele a partir da água recuperada em processo paralelo à secagem a 70° C, está apresentada na tabela 2. Seus respectivos cromatogramas e espectros de massa podem ser visualizados entre os anexos 9.1 e 9.16.

##### a) Óleo essencial a partir de capítulos florais de camomila

Neste experimento, a composição química do óleo essencial da camomila foi semelhante à do experimento anterior, variando apenas suas concentrações (Tabela 2): alfa-farneseno (0,7-0,9%), óxido de cariofileno (0,9-1,1%), cariofileno (8,5-12,9%), alfa-pineno (1,3-1,9%), artemísia cetona (2,6-3,4%), 3-careno (1,6-1,9%), azuleno (0,9-1,0%), gama-muuroleno (0,2-0,3%), óxido de bisabolol B (22,3-24,3%), alfa-bisabolol (10,7-12,1%), óxido de bisaboleno (3,1-4,2%), camazuleno (5,0-7,5%), óxido de bisabolol A (15,9-20,3%) e outros (14,6-20,7%). O componente 1,6-dioxaspiro... foi contabilizado como “outros” devido sua concentração não significativa.

Assim, os principais componentes identificados a zero hora de secagem no óleo essencial da camomila, por ordem de predominância, foram: óxido de bisabolol B, óxido de bisabolol A, alfa-bisabolol, cariofileno, camazuleno, óxido de bisaboleno, artemísia cetona, alfa-pineno, 3-careno. Durante o processo de secagem esta ordem foi alterada principalmente pelo aumento da concentração de cariofileno, alfa-pineno, artemísia cetona e 3-careno (Tabela 2). Enquanto que para o alfa-bisabolol, o camazuleno e óxido de bisabolol A, foi constatado diminuição de suas concentrações.

Nas figuras 16 e 17 é possível visualizar, para cada substância química identificada no óleo essencial da camomila a partir de capítulos florais, a tendência de sua relação com o tempo de secagem. A variação observada em relação ao tempo de secagem foi significativa somente para o alfa-pineno, cuja tendência se deu conforme uma equação polinomial de segundo grau (Figura 18), em que ocorreu uma diminuição de sua concentração até a sexta hora, aumentando logo depois. Blanco *et al.* (2002) verificaram menor concentração final desta substância no óleo essencial de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.), submetido à secagem a 80° C. As demais substâncias químicas identificadas não foram influenciadas de forma significativa durante o processo de secagem.

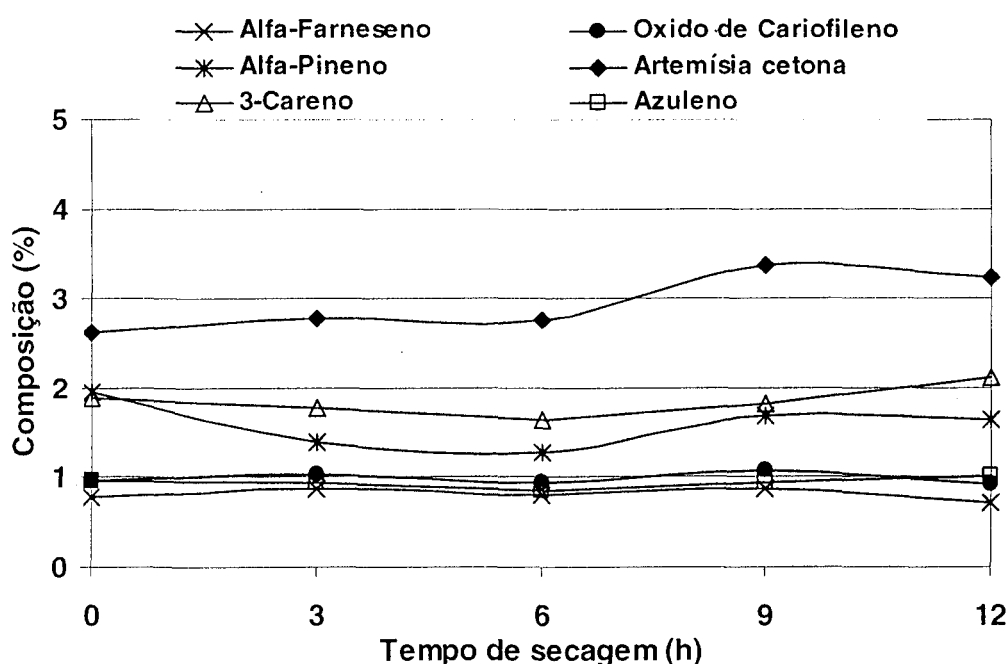


FIGURA 16 – Composição química do óleo essencial de capítulos florais de camomila, durante o processo de secagem em camada fixa a 70° C. Curitiba, PR. 2004

Entretanto, numericamente observa-se que houve um aumento da concentração de algumas substâncias em relação ao tempo de secagem, tais como: cariofileno, artemísia cetona, 3-careno e outros. Enquanto que houve uma redução numérica para as substâncias: alfa-bisabolol, camazuleno e óxido de bisabolol A (Tabela 2 e Figuras 16 e 17).

O percentual de identificação foi de aproximadamente 82,7%, superior ao do experimento anterior. As variações de suas concentrações tenderam a ser menores para este experimento em relação ao experimento anterior. Entretanto, também estão coerentes com demais estudos encontrados na literatura. Todavia, a comparação destas informações

torna-se limitada em função da inexistência de outros trabalhos que relacionem a composição química do óleo essencial da camomila com o tempo de secagem.

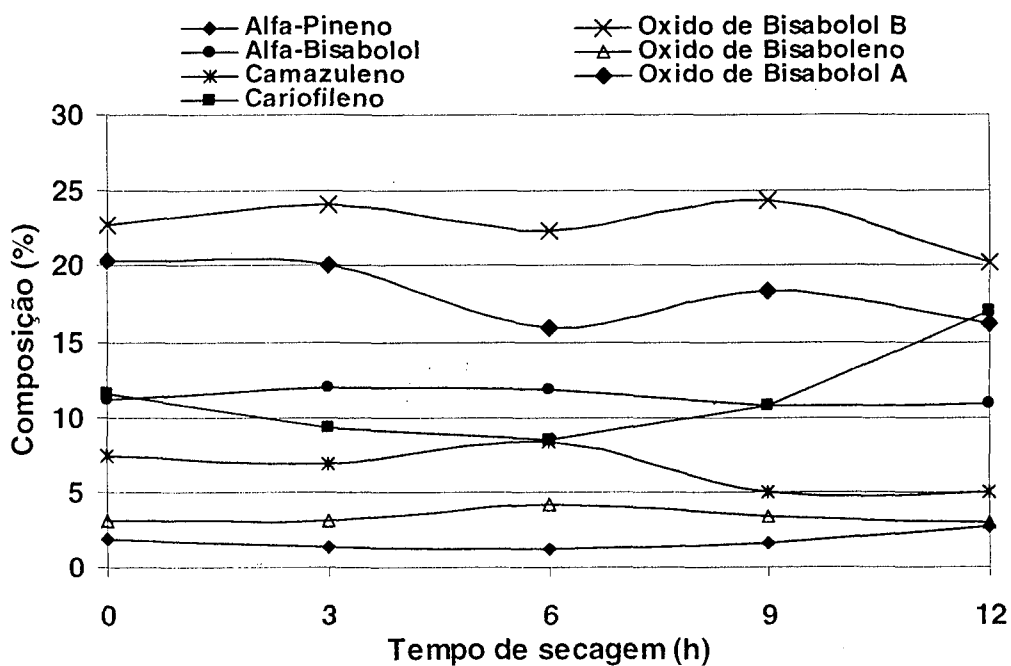


FIGURA 17 – Demais componentes químicos do óleo essencial de capítulos florais de camomila, durante o processo de secagem em camada fixa a 70° C. Curitiba, PR. 2004

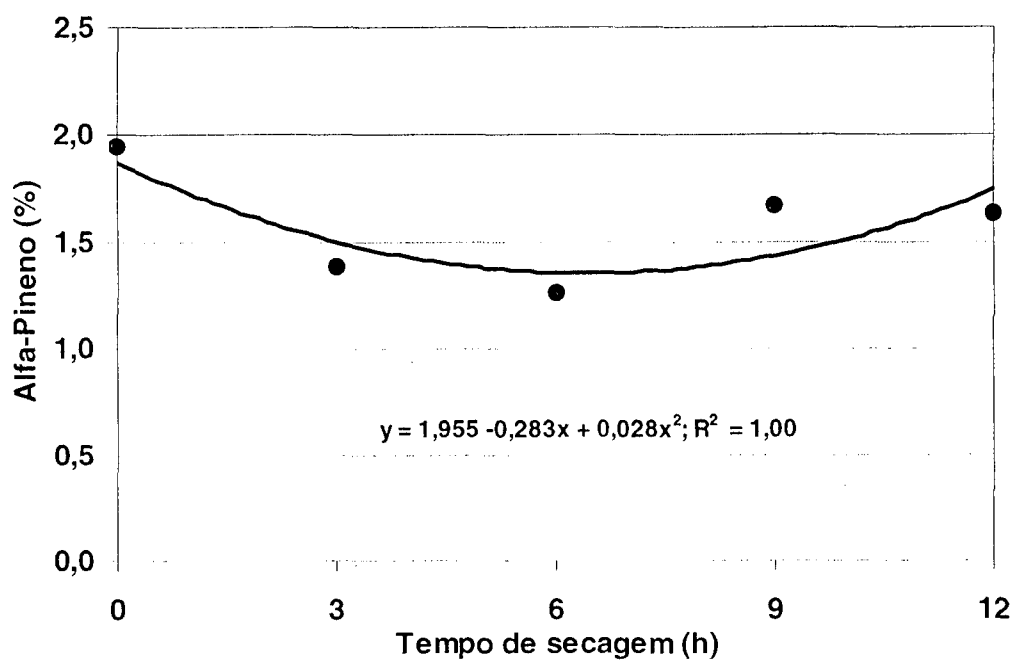


FIGURA 18 – Teor de alfa-pineno no óleo essencial de capítulos florais de camomila, durante o processo de secagem em camada fixa a 70° C. Curitiba, PR. 2004

b) Óleo essencial a partir da água recuperada (condensado)

Neste experimento, a composição química do óleo essencial da camomila, a partir da água recuperada em processo paralelo à secagem, foi semelhante à do experimento anterior, variando apenas suas concentrações (Tabela 2 e Figura 19): alfa-pineno (0,45-0,82%), óxido de bisabolol B (28,9-31,4%), alfa-bisabolol (4,3-5,3%), óxido de bisaboleno (1,1-1,2%), óxido de bisabolol A (52,5-58,6%) e outros (6,7-9,95%). Em relação ao óleo essencial a partir de capítulos florais, assim como para o experimento anterior, algumas substâncias químicas não foram encontradas, tais como: alfa-farneseno, óxido de cariofileno, cariofileno, artemísia cetona, 3-careno, azuleno e camazuleno. Devido a ausência destas substâncias, o óleo essencial obtido tinha coloração clara e aroma suave, assim como o óleo obtido no experimento anterior.

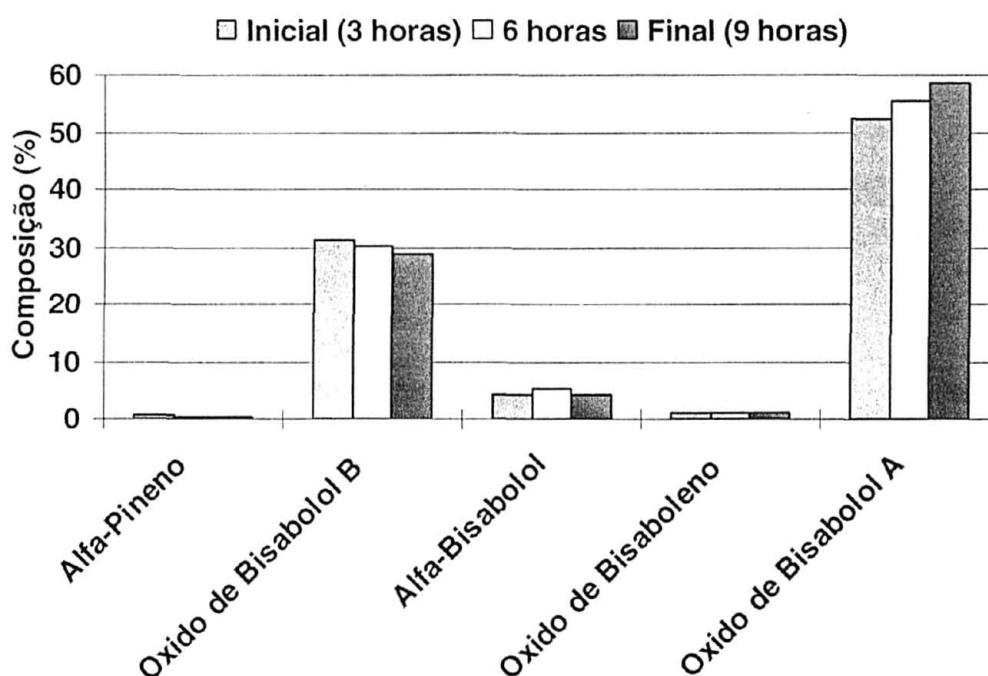


FIGURA 19 – Composição química do óleo essencial obtido a partir da água recuperada (condensado), durante o processo de secagem em camada fixa da camomila a 70° C. Curitiba, PR. 2004

Assim, os principais componentes identificados a zero hora de secagem no óleo essencial extraído a partir da água recuperada em processo paralelo à secagem da camomila, por ordem de predominância, foram: óxido de bisabolol A, óxido de bisabolol B, alfa-bisabolol, óxido de bisaboleno e alfa-pineno. Esta ordem foi mantida durante o processo de secagem da camomila (Tabela 2).

Relacionando a concentração destas substâncias químicas com o tempo de secagem, foi possível constatar um aumento numérico para o óxido de bisabolol A. Enquanto que diminuição numérica de concentrações foi constatada para alfa-pineno, óxido de bisabolol B e outros. As demais substâncias tiveram sua concentração mantida durante o processo de secagem (Figura 19).

Para o óleo essencial de camomila a partir da água recuperada, assim como para o experimento anterior, obteve-se um percentual de identificação em torno de 92% (Tabela 2), sendo superior à identificação das substâncias que constituem o óleo essencial da camomila a partir de capítulos florais.

#### 4.3 PROCESSO DE SECAGEM EM CAMADA FIXA A 60° C

##### 4.3.1 Curva de Secagem

Assim como para o experimento anterior, a curva de secagem da camomila submetida a 60° C apresentou uma tendência representada por uma equação polinomial de segundo grau (Figura 20). Indicando que a taxa de secagem foi progressiva em relação ao tempo de secagem, concordando com as observações de Borsato *et al.* (2005a).

Este processo de secagem reduziu o teor de água da camomila de 84% para 12,2% (Tabela 3), durante um período de 15 horas. Assim, sua eficiência foi menor em relação aos experimentos anteriores pelo maior tempo de secagem. Além disso, o teor final de água (12,2%) é considerado inadequado para o armazenamento, pois está além do máximo estabelecido para prevenir sua degradação, que é de 10% (Garrido, 1988; Cruz, 1990; Muñoz, 1993). Entretanto, estima-se que apenas uma hora a mais de secagem já seria suficiente para que o teor de água chegasse ao valor considerado ideal.

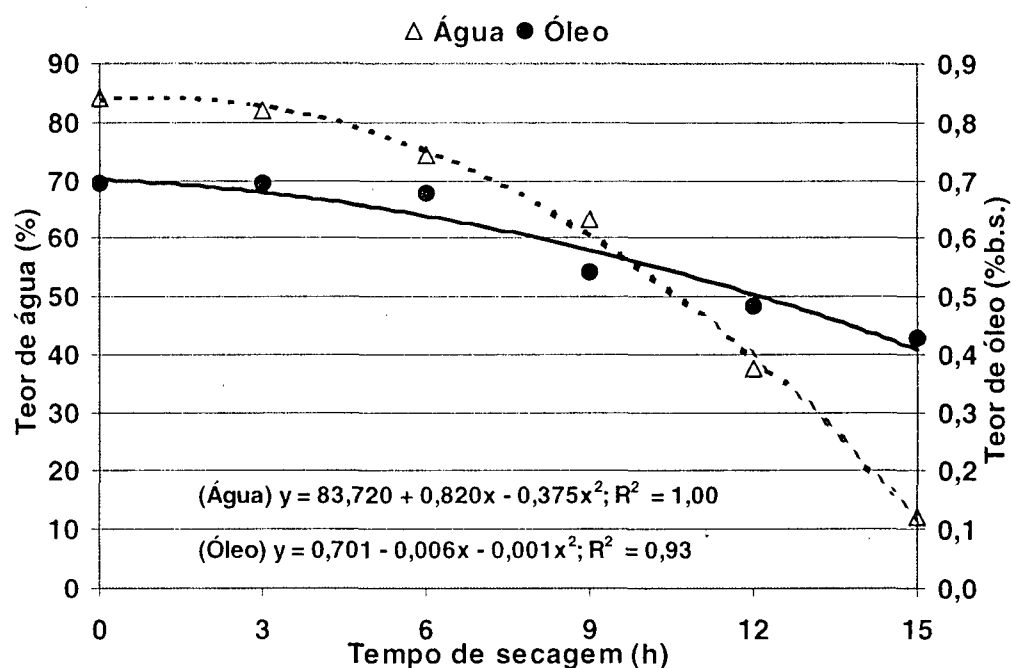


FIGURA 20 – Teorês médios de água e de óleo essencial de capítulos florais de camomila, durante o processo de secagem em camada fixa a 60° C. Campo Largo, PR. 2005

#### 4.3.2 Rendimento:

##### a) Óleo essencial da camomila

Ao contrário dos experimentos anteriores, o teor do óleo essencial da camomila foi influenciado significativamente ocorrendo redução progressiva, de comportamento semelhante ao do teor de água, sendo representado por uma equação polinomial de segundo grau (Figura 20), em que a perda de óleo essencial foi menor no início da secagem e maior no final do processo.

Em relação aos experimentos anteriores, outra diferença foi observada referente ao teor final do óleo essencial que, neste experimento, ficou acima do mínimo estabelecido pela Farmacopéia Brasileira (1996). Embora o teor inicial de óleo essencial tenha sido maior que nos experimentos anteriores, a perda durante todo o processo de secagem a 60° C foi de 38,7% (Tabela 3), inferior aos valores obtidos anteriormente (Tabelas 1 e 2).

TABELA 3 – Médias (%) de teor de água, de rendimento e composição química do óleo essencial da camomila e da água recuperada, durante o processo de secagem em camada fixa a 60° C. Campo Largo, PR. 2005

Variáveis	Tempo de secagem (h)						Tempo de Retenção (min.)				
	0	3	6	9	12	15	Ar <sup>1</sup> 6	Ar <sup>1</sup> 9	Ar <sup>1</sup> 12	CPSil 88 <sup>2</sup>	Pona <sup>2</sup>
Teor de água (%)	84,17	82,02	74,38	63,39	37,61	12,16	-	-	-	-	-
Teor de óleo (% v/m)	0,75	0,75	0,74	0,59	0,53	0,46	0,030	0,020	0,014	-	-
Teor de óleo (% m/m)	0,69	0,69	0,68	0,54	0,48	0,43	0,021	0,014	0,010	-	-
Água recuperada-Ar <sup>1</sup> (L)	-	-	-	-	-	-	17,4	19,9	12,7	-	-
Alfa-Farneseno	0,921	1,081	1,044	0,974	0,450	0,588	-	-	-	5,997	38,763
Oxido de Cariofileno	1,594	1,311	1,434	1,618	0,639	0,737	-	-	-	7,728	38,023
Cariofileno	5,729	4,958	5,314	7,600	12,055	16,762	-	-	-	11,399	37,420
Alfa-Pineno	1,096	2,942	3,104	1,586	2,403	2,799	0,704	1,410	0,895	13,807	18,665
Artemisia cetona	3,646	2,962	3,124	3,275	3,428	3,164	-	-	-	14,020	19,166
3-Careno	1,296	1,126	1,077	1,345	1,813	2,011	-	-	-	14,503	20,011
Azuleno	0,896	0,839	0,802	0,891	1,031	1,018	-	-	-	15,557	32,842
Gama-Muroleno	0,262	0,201	0,281	0,291	0,227	0,156	-	-	-	26,662	43,321
Óxido de Bisabolol B	27,495	26,878	27,988	27,575	24,460	23,101	47,397	22,767	36,689	27,201	43,811
Alfa-Bisabolol	13,010	13,545	14,520	14,011	11,468	9,611	10,967	7,335	8,525	28,163	44,329
Óxido de Bisaboleno	4,305	4,263	4,924	4,869	4,378	3,874	4,252	2,163	2,101	29,208	44,604
Camazuleno	9,008	8,317	6,249	5,305	6,775	5,667	-	-	-	32,994	47,008
Óxido de Bisabolol A	17,922	20,636	18,909	16,080	18,157	15,770	30,256	61,232	44,597	34,766	46,512
Outros	12,819	10,941	11,228	14,580	12,715	14,742	6,432	5,093	7,193	-	-

<sup>1</sup> Água recuperada por condensação em processo paralelo à secagem – valores em Litros; <sup>2</sup> Coluna capilar Chrompack de sílica fundida para cromatografia gasosa.



Acredita-se que mesmo continuando o processo de secagem por mais uma hora, para atingir umidade de 10%, o teor de óleo essencial provavelmente não seria reduzido para níveis inferiores a 0,4% (Figura 20).

b) Água recuperada (condensado)

O rendimento de água recuperada em processo paralelo à secagem a 60° C também foi diferente das observações feitas para os experimentos anteriores. Conforme pode ser visualizado na figura 21, a coleta da água recuperada deu-se somente a partir da terceira hora de secagem, quando o vapor d'água começou a ser condensado. Em relação ao volume de água recuperada, assim como nos experimentos anteriores, foi constatado maior rendimento no período intermediário de coleta (nove horas de secagem). Às seis horas de secagem o rendimento foi ligeiramente menor que às nove horas, porém maior que às 12 horas (final da coleta).

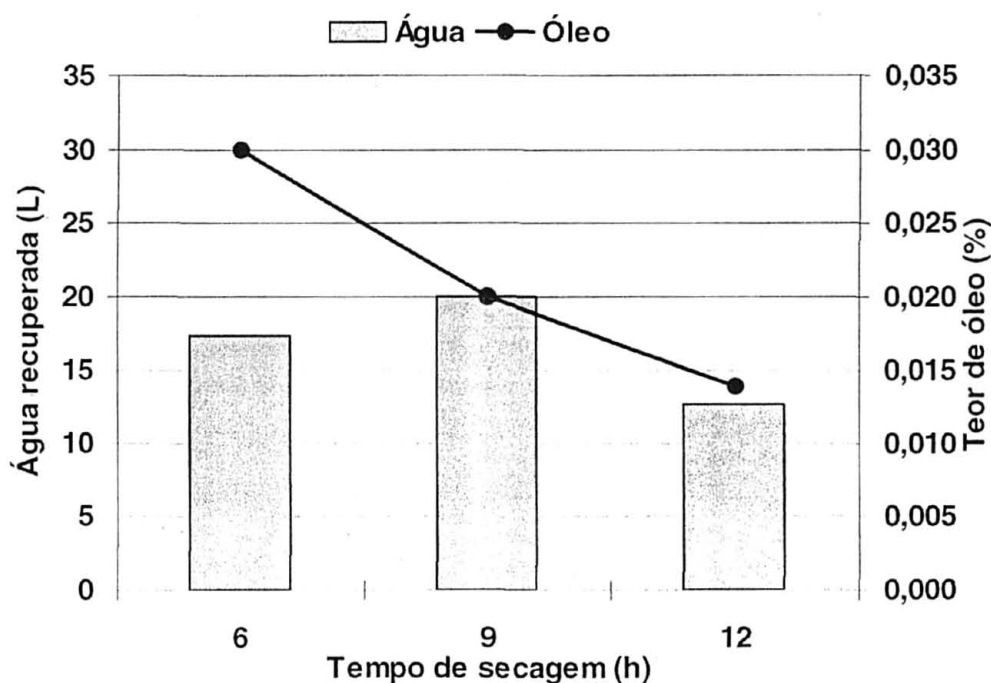


FIGURA 21 – Volume de água recuperada (condensado) e seu teor de óleo essencial, durante o processo de secagem em camada fixa da camomila a 60° C. Campo Largo, PR. 2005

Assim como para os experimentos anteriores, mais uma vez constatou-se a limitação do processo de exaustão e condensação, pois neste experimento obteve-se apenas 50 L de

água recuperada, cerca de apenas 5,9% do total possivelmente evaporado, uma vez que o teor inicial de água da camomila era de 84,2% (Tabela 3).

Em relação ao teor de óleo essencial extraído a partir da água recuperada foi constatada uma redução ao longo do processo de secagem (Figura 21), de forma semelhante ao ocorrido no experimento a 80° C. Todavia, a proporção em que ocorreu a redução do rendimento de óleo essencial foi maior a 60° C do que nos experimentos anteriores, cujo teor final de óleo foi de 0,014%, equivalente a uma redução de 53,3% (Tabela 3).

#### 4.3.3 Composição Química:

A relação entre o tempo de secagem e a composição química do óleo essencial, tanto daquele extraído a partir de capítulos florais da camomila quanto daquele a partir da água recuperada em processo paralelo à secagem a 60° C, está apresentada na tabela 3. Seus respectivos cromatogramas e espectros de massa podem ser visualizados entre os anexos 9.1 e 9.16.

##### a) Óleo essencial a partir de capítulos florais de camomila

Neste experimento, a composição química do óleo essencial da camomila foi semelhante à dos experimentos anteriores, variando apenas suas concentrações (Tabela 3): alfa-farneseno (0,5-1,1%), óxido de cariofileno (0,6-1,6%), cariofileno (4,9-16,8%), alfa-pineno (1,1-3,1%), artemísia cetona (2,9-3,6%), 3-careno (1,1-2,0%), azuleno (0,8-1,0%), gama-muuroleno (0,2-0,3%), óxido de bisabolol B (23,1-28,0%), alfa-bisabolol (9,6-14,5%), óxido de bisaboleno (3,9-4,9%), camazuleno (5,3-9,0%), óxido de bisabolol A (15,8-20,6%) e outros (10,9-14,7%). De forma semelhante ao experimento anterior, o componente 1,6-dioxaspiro... foi contabilizado como “outros” devido sua concentração não significativa.

Assim, os principais componentes identificados a zero hora de secagem no óleo essencial da camomila, por ordem de predominância, foram: óxido de bisabolol B, óxido de bisabolol A, alfa-bisabolol, camazuleno, cariofileno, óxido de bisaboleno, artemísia cetona, óxido de cariofileno, alfa-pineno, 3-careno. Durante o processo de secagem esta ordem foi alterada principalmente pelo aumento da concentração de cariofileno e 3-careno (Tabela 3).

Enquanto que para os óxidos, o alfa-bisabolol e o camazuleno, foi constatado diminuição de suas concentrações.

Nas figuras 22 e 23 é possível visualizar, para cada substância química identificada no óleo essencial da camomila a partir de capítulos florais, a tendência de sua relação com o tempo de secagem. A variação observada em relação ao tempo de secagem foi significativa somente para o cariofileno, cuja tendência se deu conforme uma equação polinomial de segundo grau (Figura 24), em que sua concentração aumentou progressivamente durante o processo de secagem. Radünz *et al.* (2002) também verificaram um aumento significativo desta substância no óleo essencial de alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham), nos tratamentos de secagem com ar aquecido a 50, 60 e 70 °C. As demais substâncias químicas identificadas não foram influenciadas de forma significativa durante o processo de secagem.

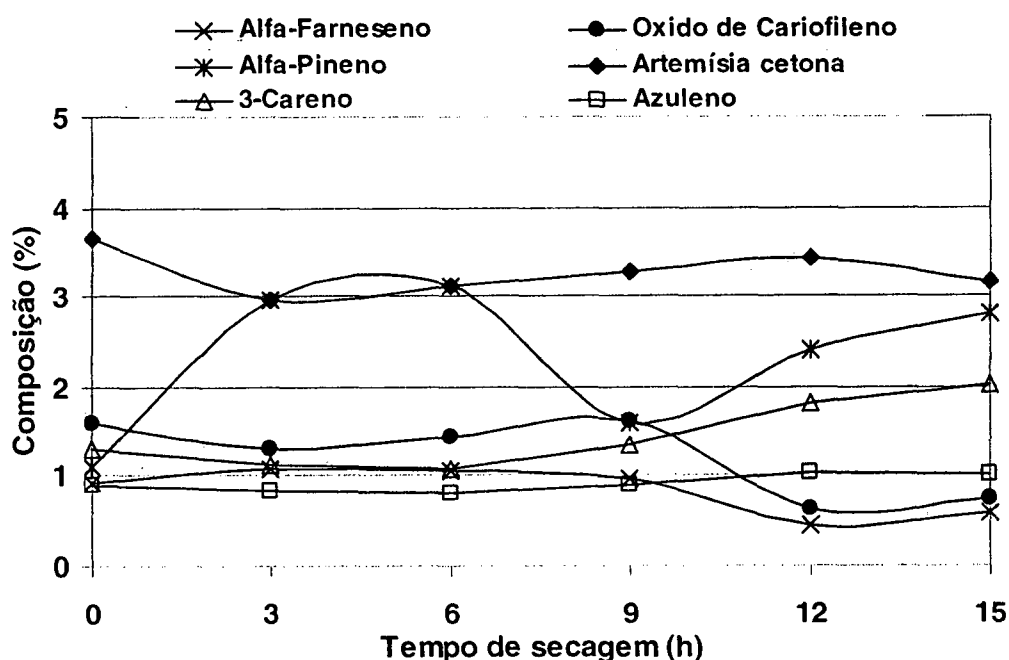


FIGURA 22 – Composição química do óleo essencial de capítulos florais de camomila, durante o processo de secagem em camada fixa a 60° C. Curitiba, PR. 2005

Entretanto, numericamente observa-se que houve um aumento da concentração de algumas substâncias em relação ao tempo de secagem, tais como: alfa-pineno, 3-careno e outros. Enquanto que houve uma redução numérica para as substâncias: alfa-farneseno, óxido de cariofileno, óxido de bisabolol B, alfa-bisabolol, óxido de bisaboleno, camazuleno e óxido de bisabolol A (Tabela 3 e Figuras 22 e 23).

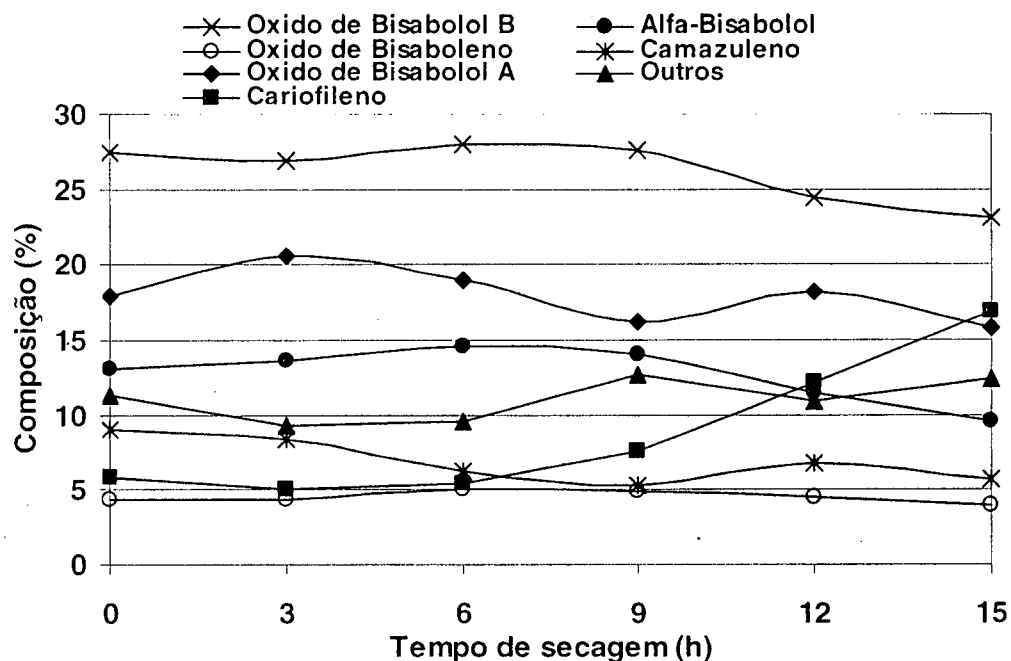


FIGURA 23 – Demais componentes químicos do óleo essencial de capítulos florais de camomila, durante o processo de secagem em camada fixa a 60° C. Curitiba, PR. 2005

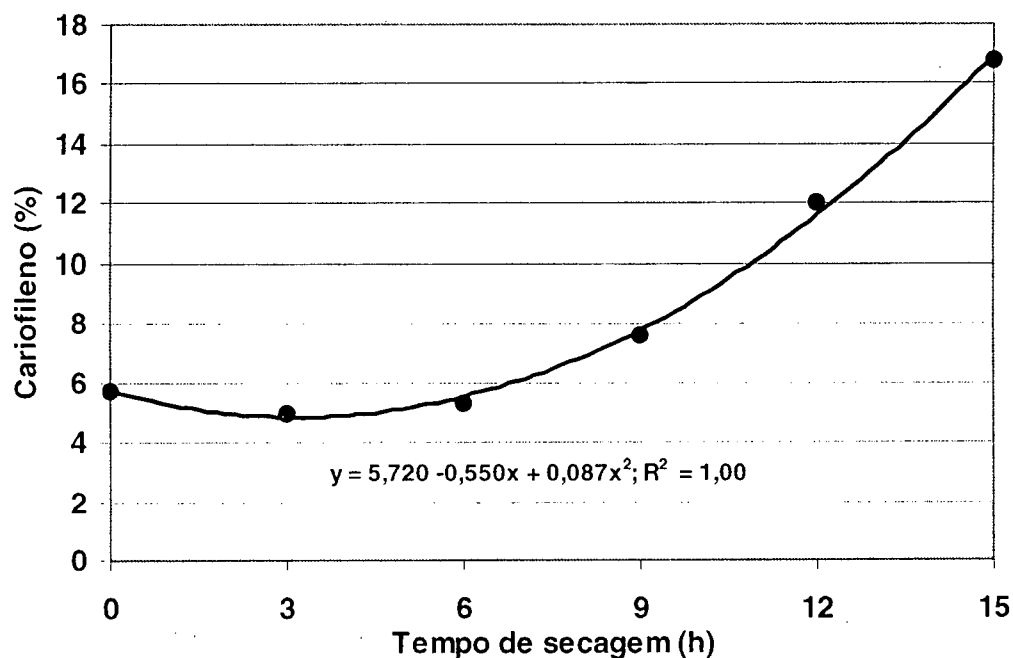


FIGURA 24 – Teor de cariofileno no óleo essencial de capítulos florais de camomila, durante o processo de secagem em camada fixa a 60° C. Curitiba, PR. 2005

O percentual de identificação foi de aproximadamente 87,2%, superior ao dos experimentos anteriores. As variações de suas concentrações tenderam a ser menores para

este experimento em relação aos experimentos anteriores. Entretanto, também estão coerentes com demais estudos encontrados na literatura. Todavia, a comparação destas informações torna-se limitada em função da inexistência de outros trabalhos que relacionem a composição química do óleo essencial da camomila com o tempo de secagem.

b) Óleo essencial a partir da água recuperada (condensado)

Neste experimento, a composição química do óleo essencial da camomila a partir da água recuperada em processo paralelo à secagem foi semelhante à dos experimentos anteriores, variando apenas suas concentrações (Tabela 3 e Figura 25): alfa-pineno (0,7-1,4%), óxido de bisabolol B (22,8-47,4%), alfa-bisabolol (7,3-10,97%), óxido de bisaboleno (2,1-4,3%), óxido de bisabolol A (30,3-61,2%) e outros (5,1-7,2%). De forma semelhante aos experimentos anteriores, a composição química da água recuperada não coincide com a do óleo essencial a partir de capítulos florais, onde foram identificados: alfa-farneseno, óxido de cariofileno, cariofileno, artemísia cetona, 3-careno, azuleno e camazuleno. Devido a ausência destas substâncias, o óleo essencial obtido tinha coloração clara e aroma suave, assim como o óleo obtido nos experimentos anteriores.

Assim, os principais componentes identificados à zero hora de secagem no óleo essencial extraído a partir da água recuperada em processo paralelo à secagem da camomila, por ordem de predominância, foram: óxido de bisabolol B, óxido de bisabolol A, alfa-bisabolol, óxido de bisaboleno e alfa-pineno. Assim como para a secagem a 80° C, durante o processo de secagem constatou-se uma inversão nesta ordem de predominância, onde a concentração do óxido de bisabolol A aumentou em relação ao óxido de bisabolol B (Tabela 3).

Relacionando a concentração destas substâncias químicas com o tempo de secagem, foi possível constatar um aumento numérico para alfa-pineno, óxido de bisabolol A e outros. Enquanto que diminuição numérica de concentrações foi constatada para óxido de bisabolol B, alfa-bisabolol e óxido de bisaboleno. As demais substâncias tiveram sua concentração mantida durante o processo de secagem (Figura 25 e Tabela 3).

Para o óleo essencial de camomila a partir da água recuperada, obteve-se um percentual de identificação em torno de 93,8% (Tabela 3), superior aos demais experimentos. Além disso, é também superior ao percentual de identificação das substâncias que constituem o óleo essencial da camomila a partir de capítulos florais.

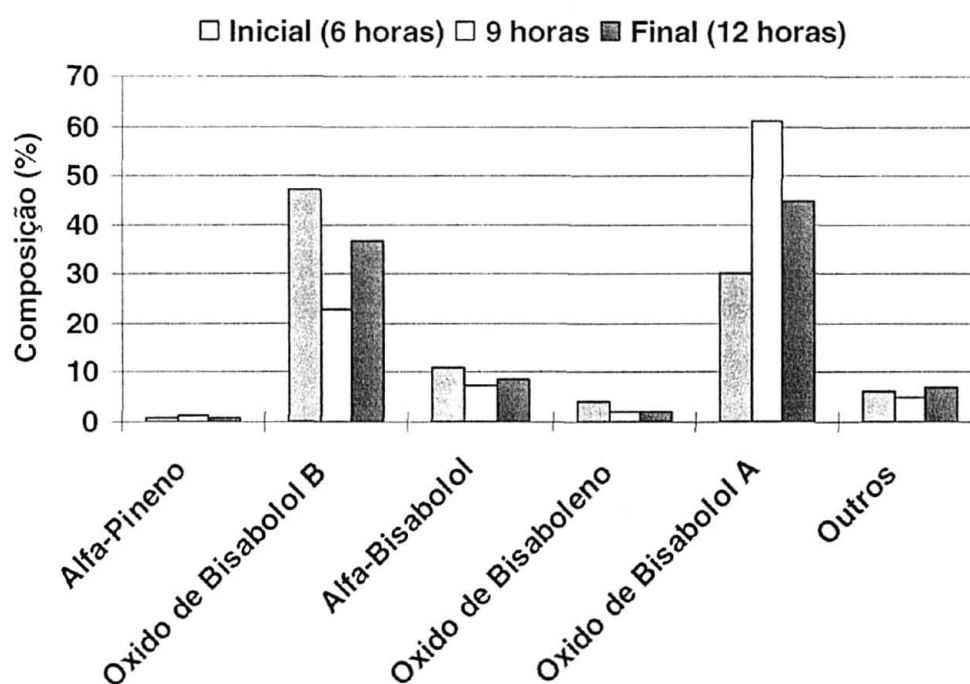


FIGURA 25 – Composição química do óleo essencial obtido a partir da água recuperada (condensado), durante o processo de secagem em camada fixa da camomila a 60° C. Curitiba, PR. 2005

#### 4.3.4 Microscopia Eletrônica de Varredura em Capítulos Florais de Camomila

A relação entre o tempo de secagem e a avaliação microscópica da camomila submetida à temperatura de 60° C, está apresentada na figura 26. É possível visualizar a influência do tempo de secagem na anatomia dos capítulos florais, das flores liguladas e das flores tubulosas.

As estruturas que foram visualizadas por meio de microscopia eletrônica de varredura são consideradas regiões do capítulo floral da camomila onde mais se concentram os tricomas glandulares, onde ocorre a síntese e o armazenamento do óleo essencial (Oliveira *et al.*, 1991). Na figura 26, as estruturas visualizadas foram organizadas em forma colunas e linhas. Na primeira coluna estão apresentadas as imagens referentes à visualização panorâmica do capítulo floral da camomila (A), em secção longitudinal, evidenciando a disposição das flores tubulosas (ovário e corola) no receptáculo; na segunda coluna, as imagens das flores liguladas (B); e na terceira coluna, das flores tubulosas (C). As linhas, representadas por números arábicos, correspondem ao tempo de secagem, em

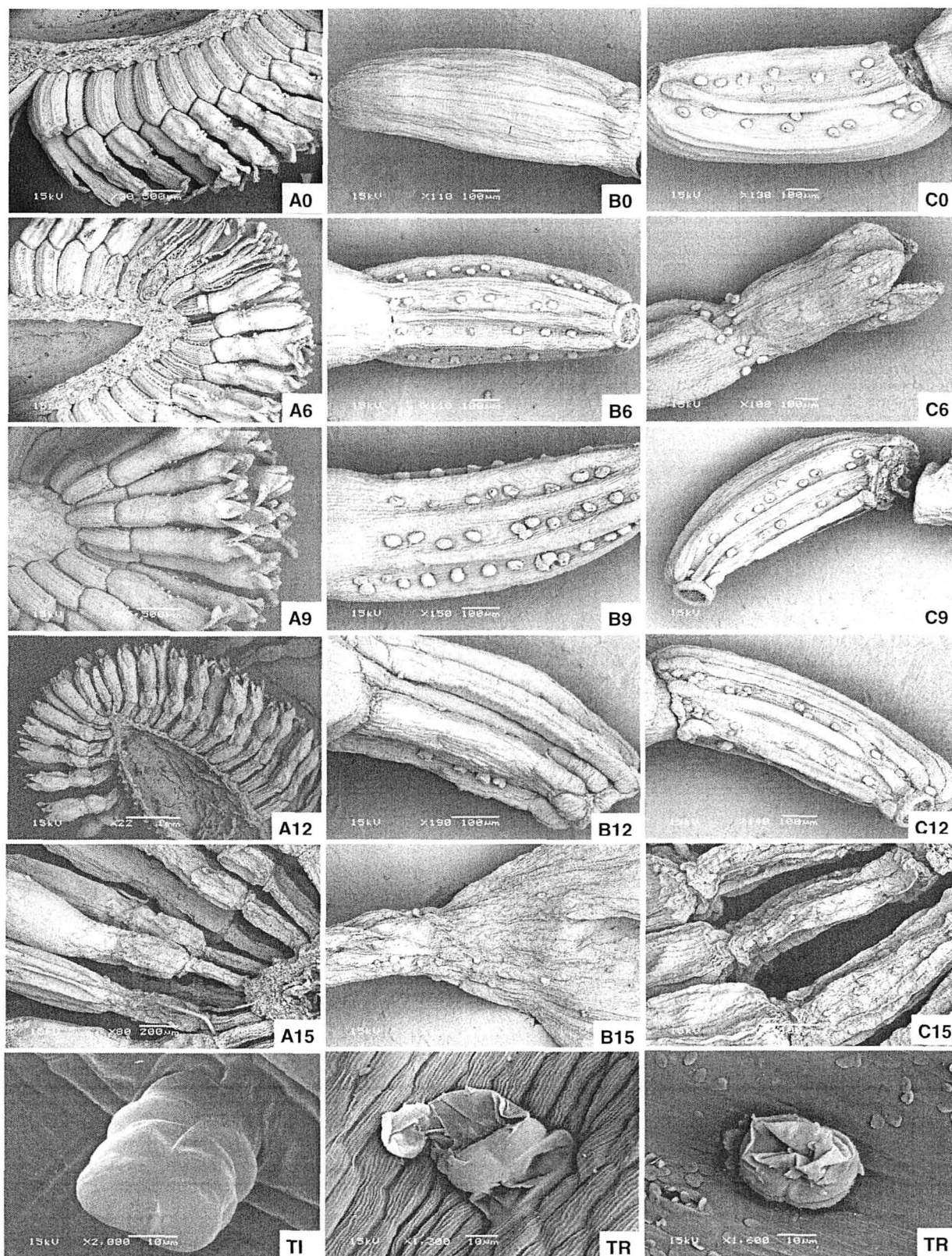


FIGURA 26 – Microscopia eletrônica de varredura em capítulos florais de camomila submetidos à secagem em camada fixa a 60° C: A, B e C correspondem a capítulos florais, flores liguladas e flores tubulosas, respectivamente; os números de 0 a 15 correspondem aos tempos de secagem (h); TI, tricoma glandular intacto; TR, tricoma glandular rompido. Curitiba, PR. 2005

horas. No entanto, as imagens contidas na última linha correspondem à visualização em detalhe dos tricomas glandulares da camomila, íntegro (TI) e rompido (TR).

A descrição microscópica da camomila que consta na literatura está coerente com as imagens geradas neste estudo. Evidenciando que ocorrem tricomas glandulares esparsos na epiderme da lígula, entre as nervuras e o tubo da corola, sendo numerosos na débil constrição que corresponde a abertura da lígula. São numerosos também na corola das flores tubulosas (face externa e margem). No ovário de ambas as flores os tricomas glandulares bisseriados estão dispostos em fileiras longitudinais (Oliveira e Akisue, 1989; Oliveira *et al.*, 1991; Farmacopéia Brasileira, 1996; Drazic, 1997; Ivanovic *et al.*, 1997).

Às seis horas de secagem é possível perceber o murchamento das estruturas que compõem os capítulos florais da camomila, indicando o efeito do processo de desidratação. Todavia, no mesmo período, não foram observadas alterações em função da secagem nos tricomas glandulares, da camomila.

Como era esperado, o murchamento das estruturas florais se intensificou com o passar do tempo de secagem, decorrente da desidratação. Às 15 horas de secagem (final do processo) foram observadas as maiores alterações nas estruturas florais da camomila em função da desidratação.

Em relação aos tricomas glandulares, foi constatado que as estruturas mais periféricas começaram a ser rompidas a partir das nove horas de secagem. Todavia, os tricomas localizados em regiões mais internas do capítulo floral foram rompidos parcialmente às 12 horas de secagem e totalmente rompidos às 15 horas.

Estas constatações estão coerentes com as observações feitas para o rendimento de óleo essencial, em que sua redução foi progressiva durante o processo de secagem (Figura 20), ratificando que a perda do óleo essencial foi maior no final do processo.

Isto confirma a hipótese de que poderia haver diferença entre os tricomas glandulares internos e periféricos em relação à sua vulnerabilidade ao processo de secagem. Confirmando que a perda do óleo essencial ocorre predominantemente a partir do rompimento dos tricomas glandulares, primeiramente dos mais periféricos e posteriormente dos localizados mais internamente no capítulo floral. No período final do processo de secagem, raras são as estruturas intactas, indicando que os tricomas glandulares foram significativamente afetados pela exposição à temperatura de 60° C. Os tricomas intactos e rompidos também podem ser visualizados na figura 26 (TI e TR).

Assim como os dados referentes à água recuperada, a relação entre o tempo de secagem e a visualização microscópica de estruturas florais da camomila são informações inéditas e, portanto, sem condições de comparação com a literatura consultada.



#### 4.3.5 Propriedades Físico-químicas do Óleo Essencial da Camomila:

Foram avaliadas as propriedades físico-químicas do óleo essencial da camomila tanto daquele extraído a partir de capítulos florais da camomila quanto daquele a partir da água recuperada em processo paralelo à secagem a 60° C. Foram determinadas as seguintes propriedades: perfil cromatográfico, densidade relativa, solubilidade e índice de refração. O poder rotatório foi determinado somente para a água recuperada, pois para as demais amostras não havia volume suficiente para esta determinação.

##### a) Perfil cromatográfico

Os dados obtidos referentes ao perfil cromatográfico estão apresentados na figura 27 e tabela 4.

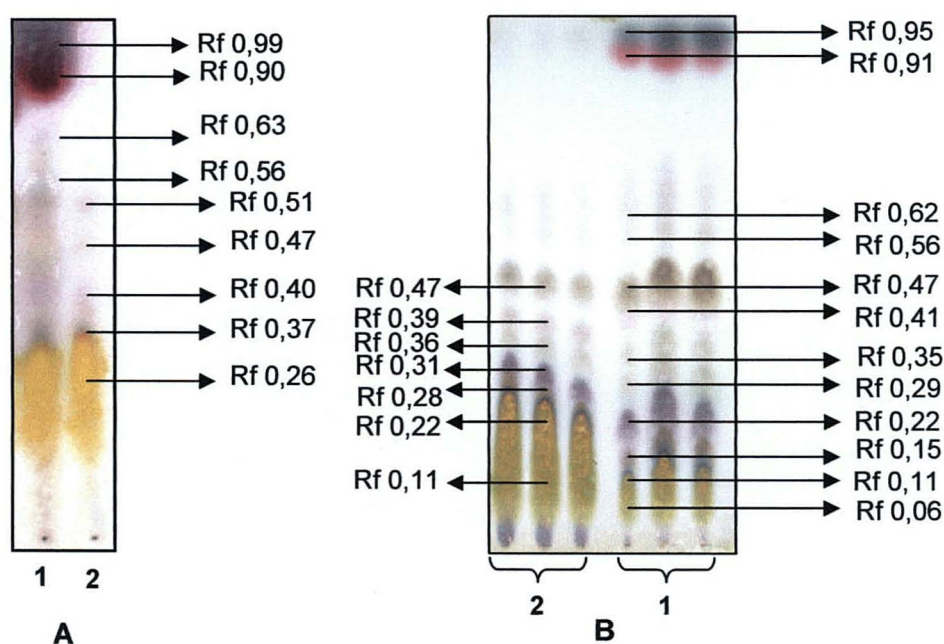


FIGURA 27 – Perfil cromatográfico do óleo essencial de camomila seca a 60° C, por meio de cromatografia de camada delgada (CCD), utilizando como fase móvel solução de Tolueno e Acetato de etila (97:3 v/v): reveladores A (Vanilina Fosfórica (9:2) e B (Vanilina Sulfúrica (9:1)); amostras 1 (óleo essencial extraído a partir de capítulos florais) e 2 (óleo essencial extraído a partir da água recuperada em processo paralelo à secagem). Curitiba, PR. 2005

Assim como consta na literatura, o eluente (tolueno:acetato de etila – 97:3) utilizado nesta técnica foi eficiente para a separação das principais substâncias químicas que compõem o óleo essencial da camomila, extraído tanto a partir de capítulos florais (Amostra 1) quanto a partir da água recuperada em processo paralelo à secagem a 60° C (Amostra 2). O perfil cromatográfico obtido está coerente com as informações disponíveis na literatura (Wagner *et al.*, 1983; Ramos *et al.*, 2004). Isto possibilitou a nomeação de algumas substâncias químicas (Tabela 4) a partir da comparação com a coloração e Rf citados na literatura, dispensando a utilização de padrões para identificação.

TABELA 4 – Valores de Rf e colorações obtidas para manchas de óleo essencial de camomila seca a 60° C, por meio de Cromatografia de Camada Delgada (CCD), utilizando como fase móvel solução de Tolueno e Acetato de etila (97:3 v/v). Curitiba, PR. 2005

			Vanilina Fosfórica <sup>1</sup>		Vanilina Sulfúrica <sup>2</sup>	
Literatura <sup>3</sup>			Rf <sup>4</sup>		Rf <sup>4</sup>	
Colorações	Rf <sup>4</sup>	Componentes	1 <sup>5</sup>	2 <sup>6</sup>	1 <sup>5</sup>	2 <sup>6</sup>
Amarelo	0,20	Oxido de Bisabolol A	0,26	0,26	0,06	0,11
Amarelo	0,20	Oxido de Bisabolol B	0,37	0,37	0,11	0,22
-	-	-	-	-	0,15	0,28
Violeta	0,35	Alfa-Bisabolol	0,40	0,40	0,22	0,31
-	-	-	-	-	0,29	0,36
-	-	-	0,47	0,47	0,35	-
-	-	-	-	-	0,41	0,39
Marrom	0,50	Polyine <sup>7</sup>	0,51	0,51	0,47	0,47
-	-	-	0,56	-	0,56	-
-	-	-	0,63	-	0,62	-
Magenta	0,95	Camazuleno	0,90	-	0,91	-
Violeta intenso	0,99	Alfa-Farneseno	0,99	-	0,95	-

<sup>1</sup>Revelador A (9:2); <sup>2</sup>Revelador B (9:1); <sup>3</sup>Interpretação em relação à Wagner *et al.* (1983); <sup>4</sup>Razão de Eluição (dist. da mancha/dist. total da eluição) <sup>5</sup>Óleo essencial extraído a partir de capítulos florais; <sup>6</sup>Óleo essencial extraído a partir da água recuperada em processo paralelo à secagem; <sup>7</sup>Polyine ou Cis-trans-En-in-dicycloether.

Rf é um índice calculado a partir da relação entre a distância da mancha e a distância total de eluição, desde o ponto de partida localizado na porção inferior da placa de sílica gel. Também chamado de razão de eluição ou fator de retenção, é utilizado para referenciar as proporções de separação das substâncias químicas presentes numa determinada amostra (Ferri, 1996).

Assim, o perfil cromatográfico obtido ratifica a presença dos principais constituintes do óleo essencial da camomila extraído tanto a partir de capítulos florais quanto da água recuperada. Estes constituintes estão apresentados na tabela 4 com suas respectivas características de coloração e valores de Rf.

Novamente, foi possível constatar a ausência de camazuleno, entre outras substâncias, no óleo essencial extraído a partir da água recuperada. Entre os dois reveladores utilizados, foi observada maior eficiência para a solução de vanilina sulfúrica (revelador B), pois revelou maior número de manchas e, conseqüentemente mais constituintes do óleo essencial. Já para a solução de vanilina fosfórica (revelador A) a eficiência foi parcial uma vez que não foram constatadas apenas quatro das substâncias reveladas pela solução anterior. Entretanto, não foi possível identificar todas as manchas obtidas devido a falta de padrões e por não constarem todas na literatura.

O número de constituintes separados por meio da cromatografia de camada delgada (CCD) está coerente com os principais constituintes identificados por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa (CG-EM).

Ainda na tabela 4, é possível visualizar diferentes valores de Rf para uma mesma mancha obtida, o que se deve provavelmente à diferença entre as distâncias total de eluição, sendo de 4,3 cm para o revelador A e de 8,3 para o revelador B. Todavia, não há dúvida de que se trata da mesma substância química.

#### b) Densidade Relativa, Solubilidade, Índice de Refração e Poder Rotatório

Os valores obtidos referentes à densidade relativa, solubilidade, índice de refração e poder rotatório estão apresentados na tabela 5. Foram analisadas três amostras: óleo essencial extraído a partir de capítulos florais da camomila (CF), óleo essencial extraído a partir da água recuperada em processo paralelo à secagem da camomila a 60° C (AR) e a própria água recuperada (condensado).

A densidade relativa do óleo essencial de camomila extraído a partir de capítulos florais (CF) foi de 0,922, valor este coerente com as informações contidas na literatura, em que o valor padrão para este tipo de amostra pode variar de 0,917-0,957 (Guenther, 1952). No entanto, para o óleo essencial de camomila extraído a partir da água recuperada (AR) obteve-se densidade relativa de 0,70, indicando que sua densidade é menor que a da amostra anterior (CF). Por se tratar de um dado inédito, torna-se difícil sua comparação com demais estudos. Porém, não era esperada uma densidade relativa tão baixa, uma vez que

as substâncias químicas que constituem este óleo essencial, identificadas por cromatografia gasosa, possuem individualmente densidades relativas que variam entre 0,84-0,92 (Windholz, 1983).

TABELA 5 – Densidade relativa, solubilidade, índice de refração e poder rotatório do óleo essencial de camomila, bem como da água recuperada (condensado) em processo paralelo à secagem a 60° C. Curitiba, PR. 2005

Amostras	Densidade Relativa <sup>1</sup>	Solubilidade em Álcool			Índice de Refração <sup>2</sup>	Poder Rotatório
		60%	80%	90%		
C. F. <sup>3</sup>	0,922	1:4	1:2	1:1	1,469	-
A. R. <sup>4</sup>	0,700	1:2	1:1	1:1	1,499	-
Condensado	0,950	1:1	1:1	1:1	1,333	- 0,4° (D)

<sup>1</sup>Densidade a 20° C, cujo padrão para óleo essencial de camomila é 0,917-0,957; <sup>2</sup>Índice de Refração a 20° C, cujo padrão para óleo essencial de camomila é 1,442-1,448. <sup>3</sup>Óleo essencial extraído a partir de capítulos florais; <sup>4</sup>Óleo essencial extraído a partir da água recuperada em processo paralelo à secagem.

O valor obtido para a densidade relativa da água recuperada (condensado) foi de 0,95 (Tabela 5) que, por ser um dado inédito, também dificulta sua comparação com outros estudos. Acredita-se que por ser constituída de substâncias químicas, que individualmente possuem densidades relativas que variam entre 0,84-0,98 (Windholz, 1983), o valor obtido para a água recuperada é coerente com o que era esperado (<1).

Em relação à solubilidade das amostras analisadas (Tabela 5) foi constatado que quanto maior a concentração alcoólica maior é a solubilidade, estando coerente com a literatura (Moreira e Kranbeck, 1976; Nakashima *et al.*, 1985; Pocá, 2005). Foram observadas maiores diferenças de solubilidade entre as amostras para a concentração alcoólica de 60%, em que a amostra CF apresentou maior solubilidade que AR, que por sua vez é mais solúvel que o condensado.

Além disso, menor é a diferença de solubilidade entre as amostras quando a concentração alcoólica é maior. Por exemplo, a amostra CF é miscível em quatro partes de álcool a 60%, em duas partes de álcool a 80% e em qualquer proporção de álcool a 90% (Tabela 5). Assim, para uma concentração alcoólica de 90%, a solubilidade das três amostras analisadas é igual a 1:1. Isto significa que as amostras são miscíveis em qualquer proporção em álcool a 90%.

O valor obtido para o índice de refração do óleo essencial da camomila extraído a partir de capítulos florais foi de 1,469 (Tabela 5), superando o valor padrão que é de 1,442-1,448 (Windholz, 1983). Alto índice de refração é característica inerente aos óleos

essenciais, podendo ser utilizado como indicativo de pureza destes produtos (Simões e Spitzer, 1999).

Para o óleo essencial extraído a partir da água recuperada o índice de refração foi de 1,499 e para o condensado foi de 1,333. Considerando que quanto maior o valor deste índice maior é a refração que sofrem os raios luminosos quando atravessam as amostras, indica que a amostra AR é menos transparente que a CF que, por sua vez é menos transparente que o condensado. Embora a amostra AR tenha uma coloração mais clara que a CF, seu índice de refração foi maior provavelmente devido maior viscosidade.

Por não dispor de volume suficiente das demais amostras, o poder rotatório foi determinado apenas para o condensado. O valor obtido indica uma rotação de  $0,4^\circ$  à direita (Tabela 5).

## 5 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Neste item, os dados obtidos no presente estudo estão discutidos sob uma abordagem ampla de modo a avaliar as relações observadas entre os experimentos de secagem, a partir das constatações feitas para cada parâmetro, que foram apresentadas no item anterior (Resultados e Discussão). Os experimentos são comparados numericamente, sem a utilização da análise estatística, sendo, portanto de caráter complementar ao item anterior. Pois, acredita-se que esta ferramenta poderia estar desprezando muitas das relações existentes entre as variáveis monitoradas e, dessa forma, estaria reduzindo a complexidade inerente ao processo de secagem da camomila.

A secagem de espécies medicinais é imprescindível para a manutenção da qualidade da matéria-prima, principalmente por estabilizar as reações enzimáticas de degradação iniciadas logo após a colheita. Para espécies aromáticas, cujas substâncias com atividade biológica são voláteis, o processo de secagem torna-se ainda mais complexo. No trabalho de tese propõe-se o estudo da temperatura do ar como uma variável independente, entre outras condições do processo de secagem artificial, como infraestrutura, umidade relativa do ar, período de secagem, etc., todos fatores extrínsecos.

O processo de secagem dos capítulos florais da camomila apresentou uma curva de secagem que representa a perda de água de forma lenta no início e rápida no final do processo (Figuras 8, 14 e 20), confirmando os resultados obtidos por Borsato *et al.* (2005a). Mas a maioria dos estudos sobre secagem de plantas medicinais, aromáticas e condimentares, que mostram que a perda de água ou é constante ou é rápida no início da secagem e lenta no final do processo (Park, 1992; Alonso, 1998; Martins *et al.*, 2000; Martinazzo *et al.*, 2003; Melo *et al.*, 2004; Radünz, 2004; Silva, 2005; Barbosa, 2005).

Acredita-se que a baixa taxa de secagem no início do processo seja função do período necessário para que ocorra o aquecimento da massa de camomila devido a grande quantidade de água (80-90%), presente no momento da colheita, associado à estrutura morfo-anatômica da inflorescência que por ser compacta-adensada, pode dificultar o contato íntimo entre o ar de secagem e a superfície das flores mais internas do capítulo floral e, consequentemente, dificultando a evaporação da água nelas presente. O aquecimento promove maior pressão interna de vapor, superando a pressão de vapor do ar de secagem, dando início ao processo progressivo de evaporação da água.

Isto tem sido constatado em secagem de grãos e sementes, atribuindo-se este fato a uma barreira física (tegumento) ou química (constituintes), que impede o deslocamento da água interna na mesma proporção em que a água mais periférica está sendo evaporada (Lasseran, 1978; Cruz, 1990; Carvalho, 1994; Curioni, 1998). Assim, a pressão de vapor interna do produto a ser secado está diretamente relacionada ao seu aquecimento devido a ocorrência de uma troca simultânea entre o ar e o produto: à medida que a energia (calor) contida no ar passa para o produto, este por sua vez perde massa (água) para o ar de secagem.

Na secagem da camomila, os dados obtidos indicam que o aquecimento da massa promoveu o aumento da pressão interna de vapor e, conseqüentemente, o aumento progressivo da perda de água durante o processo de secagem. Como era esperado, este período de aquecimento foi inversamente proporcional à temperatura do ar de secagem. Pois, no presente estudo, na medida em que foram utilizadas maiores temperaturas, menor foi o período necessário para o aquecimento da camomila, cerca de três, seis e nove horas de secagem para os experimentos a 80, 70 e 60° C, respectivamente (Tabela 6). No processo de secagem a 80° C a perda de água foi ínfima até a terceira hora.

Sendo evaporada a água superficial dos capítulos florais da camomila, inicia-se o processo de deslocamento da água localizada mais internamente para a periferia. Acredita-se que este deslocamento ocorra de forma facilitada, seja por capilaridade ou por difusão, pois a perda de água se dá de forma progressiva até o final do processo de secagem. O mecanismo interno de fluxo de água não afeta a taxa de secagem porque a taxa de deslocamento interno da água para a superfície do produto é igual ou maior do que a máxima taxa de remoção de vapor de água pelo ar, sendo evaporada a água livre. As transferências de calor e massa se compensam e a taxa de secagem alcança seu valor máximo (Hall, 1957). Isto parece ser comum entre as plantas medicinais que têm as folhas e flores como partes de maior interesse terapêutico.

Além da temperatura, a umidade relativa do ar está associada à eficiência do processo de secagem, sendo também um parâmetro de fundamental importância a ser analisado. Pois a taxa de secagem está diretamente relacionada com a umidade relativa do ar que, por sua vez, tem relação direta à pressão de vapor do ar.

TABELA 6 – Médias de temperaturas (° C) do ar (Ambiente) e de secagem (A), em base seca (b. s.) e base úmida (b. u.), bem como temperaturas da massa (camomila), em base seca, monitoradas periodicamente nos pontos A, B, C, D, E e F do secador (Anexo 8.3), durante os processos de secagem em camada fixa à 60, 70 e 80° C. Curitiba, PR. 2005

Tempo de secagem (h)	T°C Ambiente		T°C A <sup>1</sup>		UR (%) <sup>2</sup>		Δ Pressão de Vapor <sup>3</sup>		B <sup>4</sup>	C <sup>5</sup>	D <sup>6</sup>	E <sup>6</sup>	F <sup>5</sup>
	b. s.	b. u.	b. s.	b. u.	Ambiente	A <sup>1</sup>	Ambiente	A <sup>1</sup>					
Secagem à 60° C													
0	21	19	31,1	26,6	83,1	70,6	0,42	1,33	26	26	26	26	26
3	21	19	64,8	47,0	83,1	38,4	0,42	15,28	58	47	45	45	47
6	21	19	63,4	50,8	83,1	51,9	0,42	11,22	60	50	48	49	51
9	21	19	64,1	47,2	83,1	40,3	0,42	14,35	61	56	55	56	56
12	22	19	65,0	48,7	75,7	42,2	0,65	14,45	63	58	57	58	58
15	22	19	62,6	47,4	75,7	44,1	0,65	12,56	61	60	59	60	59
Secagem à 70° C													
0	20	18	43,0	30,0	82,7	39,3	0,40	5,25	29	30	30	30	30
3	20	18	75,3	65,7	82,7	64,8	0,40	13,75	69	58	56	56	58
6	20	18	74,6	69,4	82,7	79,4	0,40	7,78	70	61	58	58	60
9	20	18	75,4	70,0	82,7	78,8	0,40	8,29	71	67	65	66	68
12	21	19	74,0	69,4	83,1	81,5	0,42	6,83	71	71	71	70	71
Secagem à 80° C													
0	20	18	35,1	30,6	82,7	72,5	0,40	1,57	25	26	26	26	26
3	20	18	79,0	70,7	82,7	69,7	0,40	13,77	73	62	56	55	61
6	20	18	85,2	75,3	82,7	66,2	0,40	19,69	79	70	66	65	70
9	21	18	84,7	75,3	75,7	67,6	0,60	18,57	79	80	80	80	80
12	21	18	84,7	75,1	75,7	67,0	0,60	18,85	81	80	80	80	80

<sup>1</sup> Temperaturas obtidas a partir de sensores colocados logo após o trocador de calor do secador; <sup>2</sup> Umidades relativas do ar, ambiente e de secagem, calculadas a partir dos dados de temperaturas das colunas anteriores; <sup>3</sup> Diferença de pressão de vapor (kPa), calculado a partir dos dados de temperaturas das colunas anteriores;

<sup>4</sup> Temperatura obtida a partir de sensor colocado na porção inferior da camada de camomila, logo acima da chapa metálica perfurada; <sup>5</sup> Temperatura obtida a partir de sensor colocado no meio da camada de camomila; <sup>6</sup> Temperatura obtida a partir de sensor colocado sobre a camada de camomila.



No presente estudo, a partir das temperaturas, base seca e base úmida, monitoradas tanto para o ar ambiente quanto o ar de secagem (ponto 1) foram determinadas seus respectivos valores de umidade relativa e diferença de pressão de vapor (Tabela 6). As variações observadas entre os experimentos se justificam pelo fato de terem sido executados em datas diferentes. Já as variações observadas durante cada processo de secagem é função da oscilação das temperaturas do ar de secagem.

Em relação aos demais experimentos, para o processo de secagem à 60° C foram observados menores valores de umidade relativa do ar de secagem, indicando condições mais favoráveis à secagem e, conseqüentemente, maior eficiência do processo em relação aos demais. Entretanto, observou-se menor eficiência de secagem neste experimento, uma vez que foram necessárias três horas a mais de secagem em relação aos demais experimentos. Ao contrário do esperado para os experimentos à 70 e 80° C, os valores de umidade relativa foram maiores em relação ao experimento à 60° C. Isto contraria a lógica da teoria em relação às condições psicrométricas, em que quanto maior a temperatura do ar menor é a sua umidade relativa, devido ao aumento da pressão de vapor de saturação do ar de secagem.

A pressão de vapor do ar de secagem, que tem valores limitados para cada valor de temperatura, deveria ter sido maior para as temperaturas mais elevadas, promovendo maior capacidade de retenção de vapor no ar e, conseqüentemente maior eficiência de secagem. Embora com umidades relativas menores, maior eficiência de secagem foi obtida para as temperaturas mais elevadas.

Por terem sido executados no período da noite, as condições do ar ambiente durante os processos de secagem, de um modo geral, não são tão favoráveis quanto seriam se fossem executados durante o dia. Esta é mais uma razão para que todo o processo de secagem seja monitorado, principalmente em situações de maior umidade relativa do ar ambiente.

Em geral, ao final dos processos de secagem a umidade relativa tendeu a elevar-se devido, provavelmente, à recirculação do ar de secagem a partir da nona hora, quando o processo de exaustão e condensação do vapor d'água foi interrompido. A recirculação do ar de secagem foi forçada por meio de uma tampa de madeira do tipo basculante colocada entre as janelas de exaustão e recirculação do ar (Anexo 8.4g), possibilitando o direcionamento do ar, ora para exaustão e condensação ora para a recirculação. Com isso, foi possível forçar a saída do ar saturado em sentido ao exaustor e, à medida que a camomila foi perdendo água foi possível aumentar a recirculação do ar de secagem.

Estas observações indicam que a taxa de secagem do experimento a 70° C poderia ter sido ainda maior se as condições do ar ambiente estivessem tão favoráveis quanto para o experimento a 60° C, podendo até ter sido representado por uma reta, assim como o experimento a 80° C (Figuras 8, 14 e 20). Todavia, a eficiência de secagem a 60° C poderia ter sido ainda menor caso as condições do ar ambiente não tivessem sido favoráveis.

Estes fatos ratificam a importância em se monitorar a umidade relativa do ar de secagem além de sua temperatura. Prática esta que, em geral, não tem sido adotada para a secagem de plantas medicinais, aromáticas e condimentares, principalmente para um país como o Brasil, onde suas regiões apresentam condições climáticas bastante distintas.

Em relação às demais temperaturas monitoradas (Tabela 6) foi constatado comportamento coerente entre os experimentos. A massa apresentou valores ligeiramente menores em relação à sua porção inferior (rente à chapa metálica) e ligeiramente maior em relação à sua porção superior (sobre a camada de camomila). Isto já era esperado uma vez que ao passar pelo produto úmido o ar de secagem transfere calor e recebe massa (água) em forma de vapor. Esta observação ratifica a possibilidade de existir uma relação entre o aquecimento da massa e a perda de água durante o processo de secagem, de modo que a taxa de secagem seja favorecida pelo aumento da pressão interna de vapor da camomila provavelmente determinado pela transferência de energia (calor).

A temperatura da massa atingiu seu valor máximo quando seu teor de água era igual ou inferior à 10%. Este fato indica que a temperatura da massa pode ser um importante parâmetro a ser monitorado para que a secagem excessiva seja evitada. Isto deverá ser motivo de estudos também para outros processos de secagem que não da camomila.

É importante enfatizar as perdas de energia (calor) que ocorrem num modelo de secador comercial, demonstrando a variação entre as temperaturas registradas em diferentes pontos e períodos de secagem (Tabela 6). Isto confirma a necessidade de, nos estudos e publicações, se distinguir de forma detalhada as temperaturas utilizadas para a secagem de plantas medicinais, aromáticas e condimentares.

O consumo de combustível, neste caso de serragem, está diretamente relacionado com a taxa de secagem e, conseqüentemente com as condições de temperatura e umidade relativa do ar de secagem. Recentemente, o súbito aumento da utilização de serragem como combustível para secadores na Região Metropolitana de Curitiba tem resultado num dos maiores gargalos da produção de plantas medicinais, pois o fornecimento deste material não tem sido suficiente para atender à crescente demanda. Conseqüentemente tem sido crescente também o preço pago por quilo de serragem, o que está onerando cada vez mais o custo do processo de secagem destas espécies medicinais.

Neste sentido, no presente estudo fez-se uma avaliação, em caráter complementar, do consumo de serragem em função da temperatura do ar utilizada para a secagem da camomila. Na tabela 7 estão apresentados os valores referentes ao rendimento de secagem e consumo de serragem por percentual de água removida, para os três experimentos.

Para a secagem de aproximadamente 1 tonelada de camomila foram utilizados 670, 547 e 560 kg de serragem para os experimentos à 60, 70 e 80° C, respectivamente. Considerando que o teor de água inicial e final, bem como o tempo de secagem variaram entre os experimentos, foi calculado o consumo de serragem por percentual de água removida. Os respectivos resultados indicam que os maiores consumos foram obtidos, por ordem crescente, para os experimentos à 60, 80 e 70° C. Consequentemente, esta ordem é mantida quando se refere ao custo por percentual de água removida.

TABELA 7 – Rendimento de secagem e consumo de serragem por percentual de água removida de capítulos florais de camomila submetidos ao processo de secagem em camada fixa à 60, 70 e 80° C. Curitiba, PR. 2005

° C	Experimentos Tempo de secagem (h)	Camomila (ton)		Teor de água (%)		X <sup>3</sup>	Y <sup>4</sup>	Y <sup>5</sup>	Custo <sup>6</sup> (R\$.pp <sup>-1</sup> .t <sup>-1</sup> )	
		m. u. <sup>1</sup>	m. s. <sup>2</sup>	(Ui) inicial	(Uf) final					
60	15	1,150	0,230	84,17	12,16	670	8,09	7,86	0,97	0,94
70	12	1,160	0,232	81,98	6,03	547	6,21	6,55	0,75	0,79
80	12	1,180	0,236	78,68	3,68	560	6,33	5,18	0,76	0,62

<sup>1</sup>Massa úmida de camomila; <sup>2</sup>Massa seca de camomila; <sup>3</sup>Consumo total de serragem, kg; <sup>4</sup>Quantidade de serragem por ponto percentual de água removida numa tonelada de camomila (kg.pp<sup>-1</sup>.t<sup>-1</sup>), calculado a partir da fórmula:  $Y = X/m.u.(U_i - U_f)$ , de acordo com Silveira *et al.* (2000); <sup>5</sup>Calculado para  $U_f = 10\%$ ; <sup>6</sup>Calculado a partir de um custo de R\$0,12.kg<sup>-1</sup> de serragem.

Ao corrigir o teor final de água da camomila para 10%, se tem uma redução significativa do custo por percentual de água removida, para o experimento à 80° C, devido ao menor consumo de serragem resultante da redução do tempo de secagem, em torno de três horas. Assim, a secagem à 80° C passa a se destacar pelo menor custo por percentual de água removida, seguida por 70 e 60° C. Esta é mais uma razão pela qual a secagem excessiva deve ser evitada.

Relacionando as temperaturas monitoradas com o rendimento do óleo essencial da camomila, acredita-se que as condições iniciais de elevada temperatura e de baixa umidade relativa do experimento à 70° C (Tabela 6), podem ter sido responsáveis pela sua maior perda nas 3 primeiras horas do processo de secagem (Figuras 8, 14 e 20). Neste sentido, o fato da camomila não ter sido aquecida acima de 60° C poder ter contribuído para seu maior rendimento de óleo essencial neste experimento. Esta é mais uma razão pela qual a temperatura da massa deve ser monitorada. A variação obtida no teor de óleo essencial da

camomila está coerente com a literatura (Donalísio, 1985; Bezzi *et al.*, 1991; Matos *et al.*, 1993; Corrêa Junior, 1994; Alonso, 1998; Povh, 2000; Costa, 2001).

A perda por volatilização é agravada pelo rompimento (dano mecânico) das estruturas frágeis, canais secretores e tricomas glandulares, onde estão armazenadas as substâncias químicas que constituem o óleo essencial da camomila. Este dano mecânico nas estruturas celulares pode favorecer também reações químicas entre os constituintes celulares e moléculas de constituição do óleo essencial, podendo até formar novos compostos ainda não identificados na espécie. Daí a importância da avaliação microscópica (Figura 26) destas estruturas a fim de conhecer a relação com as perdas do óleo essencial, quantitativa e qualitativa, durante o processo de secagem.

Outro indicativo de que a perda de água da camomila está diretamente ligada ao aquecimento da massa, refere-se à influência da temperatura do ar sobre o rendimento de água recuperada em processo paralelo à secagem (Figuras 9, 15 e 21). O menor rendimento observado para as três primeiras horas de secagem coincide com o período em que a massa ainda estava sendo aquecida. No experimento à 70° C, foi constatada menor diferença de rendimento entre a terceira e a sexta hora de secagem, provavelmente devido às condições iniciais de elevada temperatura e baixa umidade relativa. Neste sentido, o atraso no início do processo de condensação do vapor d'água, observado para o experimento à 60° C, ocorreu provavelmente devido ao maior período de aquecimento da massa de camomila.

É importante mencionar novamente que não foi observado coerência entre a perda de água durante o processo de secagem e seu volume recuperado em processo simultâneo. Pois, enquanto a taxa de secagem foi progressiva (Figuras 8, 14 e 20), a recuperação da água concentrou-se na fase intermediária do processo de secagem, às nove horas para 60° C e às 6 horas para os demais experimentos (Figuras 9, 15 e 21). Era esperado que o maior volume de água recuperada coincidisse com a fase final do processo de secagem, uma vez que é o período em que ocorre maior evaporação da água da camomila. Esperava-se pelo menos obter na fase final o mesmo volume obtido na fase intermediária, porém isto não foi conseguido.

O teor de óleo essencial extraído a partir da água recuperada apresentou valores coerentes com aqueles referentes ao teor de óleo extraído a partir dos capítulos florais. Em geral, no início dos processos de secagem, na medida em que ocorreu a perda do óleo essencial pela volatilização, foi possível recuperá-lo em processo simultâneo à secagem como era esperado (Figuras 8, 14 e 20), embora não tenha sido possível sua total

recuperação. Assim, para o experimento à 60° C obteve-se menor perda de óleo essencial durante a secagem e, conseqüentemente menor teor de óleo recuperado.

Em relação à composição química do óleo essencial extraído a partir de capítulos florais de camomila (Figuras 10, 11, 16, 17, 22 e 23), foram identificadas as mesmas substâncias químicas para os três experimentos, sendo apresentadas as de maior predominância. Por esse motivo a apresentação de um cromatograma (Anexo 9.1), com seus respectivos espectros de massa (Anexos 9.3 a 9.16), ilustra todas as amostras avaliadas. Da mesma forma, as concentrações destas substâncias, de modo geral, foram semelhantes entre os três experimentos. Porém, Radünz (2004) trabalhando com guaco e Barbosa (2005) com erva-cidreira-brasileira, constataram que a secagem influenciou a composição do óleo essencial, em número e concentração das substâncias. Em geral, os dados obtidos no presente estudo estão coerentes com aqueles publicados por outros autores, em que se evidencia a grande vulnerabilidade da composição química do óleo essencial da camomila frente a diversos fatores intrínsecos e extrínsecos (Mann, 1995; Fahlén *et al.*, 1997; Andrade e Casali, 1999; Raal *et al.*, 2003; Pocá, 2005).

Para os três experimentos, no óleo essencial da camomila foram identificadas as seguintes substâncias químicas com suas respectivas variações de concentração: alfa-farneseno (0,3-1,8%), óxido de cariofileno (0,5-2,9%), cariofileno (4,9-16,8%), alfa-pineno (0,8-3,1%), artemísia cetona (2,4-3,6%), 3-careno (1,0-2,9%), azuleno (0,6-1,1%), gama-muroleno (0,2-0,6%), óxido de bisabolol B (23,2-28,0%), alfa-bisabolol (9,6-14,5%), óxido de bisaboleno (1,2-4,9%), camazuleno (5,0-10,9%), óxido de bisabolol A (11,6-20,6%), 1,6-dioxaspiro... (0,1-1,5%) e outros (10,9-22,5%). Estas constatações estão coerentes com a literatura (Salamon, 1994; Ristic e Krivocuca, 1997; Pohv, 2000).

Entre as diferenças constatadas, destaca-se a maior concentração de cariofileno, as zero hora de secagem, para o experimento à 70° C em relação aos demais experimentos. No entanto, esta substância apresentou concentrações semelhantes no final do processo de secagem para os três experimentos. Em geral, independente da temperatura, as concentrações de cariofileno, alfa-pineno e 3-careno aumentaram no decorrer do trabalho. Entretanto, ocorreu diminuição das concentrações durante o processo de secagem dos óxidos, do camazuleno e do alfa-bisabolol.

No que se referente à concentração de outros componentes não identificados do óleo essencial da camomila, constatou-se menor porcentagem para o experimento à 60° C, indicando melhor identificação das demais substâncias químicas. Isto explica a obtenção de maiores concentrações de algumas substâncias químicas do óleo essencial da camomila em relação aos demais experimentos.

A menor porcentagem de identificação dos componentes do óleo essencial da camomila foi obtida para o experimento à 80° C. Para os três experimentos, esta porcentagem de identificação diminui em relação ao tempo de secagem, indicando uma provável degradação de alguns componentes do óleo essencial da camomila.

Para os três experimentos, referente à relação entre substâncias químicas do óleo essencial e o tempo de secagem da camomila, houve significância estatística apenas para camazuleno à 80° C, alfa-pineno à 70° C e cariofileno à 60° C. No entanto, para as demais substâncias não houve significância estatística, embora tenham sido observadas algumas variações numéricas. Isto indica que, ao contrário do que era esperado, não existe vulnerabilidade peculiar entre a maioria dos componentes de óleo essencial por ocasião do processo de secagem. Assim, a influência do processo de secagem é mais notável sobre o teor de óleo essencial da camomila do que individualmente para as substâncias químicas que o compõem. Independente da temperatura do ar, a influência da secagem é sempre sobre o conjunto destas substâncias denominado de óleo essencial, desde o início do processo.

Em relação à composição química do óleo essencial extraído a partir da água recuperada em processo paralelo à secagem da camomila (Figuras 13, 19 e 25), também foram identificadas as mesmas substâncias químicas para os três experimentos, sendo apresentadas as de maior predominância. Por esse motivo a apresentação de um cromatograma (Anexo 9.2), com seus respectivos espectros de massa (Anexos 9.3 a 9.16), ilustra todas as amostras avaliadas. Dos componentes identificados no óleo essencial a partir de capítulos florais, apenas cinco estão presentes no óleo essencial a partir da água recuperada (Tabelas 1, 2 e 3). Maior destaque para a ausência do camazuleno, justificando a não constatação da coloração azul-intenso e sim amarelada deste óleo essencial.

Para os três experimentos, no óleo essencial da camomila recuperado foram identificadas as seguintes substâncias químicas com suas respectivas variações de concentração: alfa-pineno (0,3-1,4%), óxido de bisabolol B (22,8-48,7%), alfa-bisabolol (4,3-10,9%), óxido de bisabolenol (1,1-4,3%), óxido de bisabolol A (30,3-61,2%) e outros (5,1-9,9%). Acredita-se que se o sistema de exaustão e condensação tivesse sido adequadamente dimensionado seria possível a recuperação, em maiores concentrações, destas substâncias químicas e também de outras que compõem o óleo essencial da camomila como, por exemplo, os monoterpenos, considerados mais voláteis em função de seu baixo peso molecular (Robbers *et al.*, 1997).

A porcentagem de identificação dos componentes do óleo essencial foi semelhante entre os experimentos, cujo valor médio foi de 94%, bem acima daquele obtido para o óleo

essencial a partir de capítulos florais. Ao contrário do que foi observado para o óleo azul, não houve relação entre a porcentagem de identificação e o tempo de secagem.

Embora as concentrações destas substâncias, de modo geral, tenham variado entre os três experimentos, não foram observadas relações tanto com a temperatura do ar quanto com o tempo de secagem. Em geral, houve predominância dos óxidos de bisabolol A e B, com maior concentração do primeiro, no óleo essencial extraído a partir da água recuperada, para os três processos de secagem. Este fato aliado à menor concentração de alfa-bisabolol neste óleo essencial em relação ao óleo azul, indica uma provável degradação por oxidação desta substância durante o processo de secagem. Porém, a sua presença no óleo essencial recuperado indica que sua maior parte não foi degradada, independente da temperatura e do tempo de secagem.

Assim, não se pode estabelecer condições ideais de temperatura e tempo de secagem para a obtenção de uma essência com maior ou menor concentração de determinadas substâncias químicas de interesse terapêutico. Então, torna-se prudente recuperar o vapor d'água durante toda a secagem para que, no final deste processo, a composição química desta solução aromática obtida seja determinada.

Com isto, o processo de exaustão e condensação do vapor d'água em paralelo à secagem, além de favorecer a taxa de secagem, poderá ser considerado um método de fracionamento das substâncias químicas que compõem o óleo essencial da camomila, principalmente daquelas de maior interesse terapêutico. Devido a predominância de alfa-bisabolol e de seus derivados óxidos, acredita-se que este produto tenha maior potencial terapêutico do tipo antiinflamatório, antimicrobiano, antiflogístico e anticancerígeno (Alonso, 1998; Perbellini *et al.*, 2004). Provavelmente, estas substâncias estejam conferindo ao referido produto aroma amadeirado, floral, levemente adocicado, característico.

Alguns estudos preliminares indicam que as substâncias químicas identificadas na água recuperada em processo paralelo à secagem da camomila, além de conferir um aroma agradável, sejam também responsáveis por algumas propriedades bioativas, apresentando potencial para sua utilização principalmente no controle alternativo de fitopatógenos (Anexo 10) e em formulações fitoterápicas (géis-base) aplicadas à saúde humana. Além da composição química, o aspecto límpido, pH fracamente ácido e o aroma agradável são características que enaltecem este produto inédito, do ponto de vista farmacotécnico, pois facilitam a preparação da maioria das formulações mais utilizadas para fins terapêuticos aplicadas à saúde humana. Além disso, avaliações preliminares de pH indicam boa estabilidade deste produto. A adição de conservantes comuns (ácido benzóico, metilparabeno + propilparabeno e butilhidroxitolueno - BHT) favorece a estabilização este

produto em diferentes condições de temperaturas (Anexo 11), indicando mais uma vez sua potencialidade como matéria-prima para formulações fitoterápicas.

Diante da necessidade de desidratar para conservar, a recuperação desta água potencialmente terapêutica pode vir a ser mais uma opção rentável ao produtor de camomila, bem como de outras plantas medicinais aromáticas. Devido a grande quantidade de água a ser removida da camomila, o dimensionamento deste processo é de fundamental importância para que se consiga maior eficiência na recuperação do vapor d'água e, conseqüentemente das substâncias químicas por ele arrastadas durante o processo de secagem. Assim, acredita-se que seria possível recuperar maiores concentrações não só das substâncias identificadas no condensado, mas também daquelas identificadas no óleo essencial extraído a partir de capítulos florais.

Embora seja possível separar, por meio de hidrodestilação, as substâncias químicas da água recuperada, acredita-se que isto não seja prudente devido a baixa concentração de óleo essencial. A menos que o valor de mercado deste óleo essencial venha a atingir níveis compensatórios. Para tanto é necessário que estas hipóteses continuem sendo avaliadas em estudos subseqüentes, de forma interdisciplinar.

Os métodos analíticos utilizados nessa pesquisa mostraram-se adequados às condições experimentais, resultando em dados coerentes e, conseqüentemente atingindo a confiabilidade necessária nas interpretações realizadas a partir dos mesmos. No presente estudo prezou-se pelo rigor metodológico, nos seus mínimos detalhes, de modo que se tiver ocorrido algum erro, este terá sempre um caráter sistemático.

O método de extração de óleos essenciais por hidrodestilação (Clevenger), embora seja considerado de pouca precisão, foi adequado para a quantificação do óleo essencial da camomila durante os processos de secagem. Trata-se de um método de fácil operação e de baixo custo, porém exige bastante atenção do operador em função da sua subjetividade no momento da leitura do resultado numa escala graduada normalmente pouco precisa. Dessa forma, as leituras das determinações foram feitas sempre pelo mesmo analista, de modo a reduzir tamanha subjetividade.

A utilização da cromatografia como um método de separação de compostos forneceu, de forma satisfatória, dados auxiliares como o tempo de retenção (CG) e a distância de retenção (CCD), fundamentais para a identificação dos mesmos. A espectrometria de massas foi fundamental para a identificação dos componentes do óleo essencial da camomila, onde obteve-se um padrão de fragmentação característico e informações sobre características estruturais de seus componentes.



No presente trabalho, a quantificação foi realizada por meio da correlação entre o sinal do detector e quantidade do componente do óleo essencial da camomila. A utilização do sistema de normalização mostrou-se suficiente para a determinação das concentrações das substâncias químicas presentes no óleo essencial da camomila, durante o processo de secagem, dando confiabilidade aos resultados obtidos e suas respectivas interpretações.

Em geral, o óleo essencial da camomila (0,4-1,0%) é constituído por: alfa-bisabolol e seus derivados, os óxidos A e B, totalizando cerca de 52% do total; A concentração média de camazuleno é de 10%, originado pelo calor durante o processo de extração; O restante é constituído principalmente por hidrocarbonetos terpênicos. Enquanto que o óleo essencial recuperado não possui camazuleno e a concentração de alfa-bisabolol e seus derivados óxidos é superior a 90%. Dentre as propriedades físico-químicas avaliadas, além da coloração amarelada, o óleo essencial recuperado apresenta menor densidade, maior solubilidade em álcool e maior poder rotatório, em relação ao óleo azul-intenso. Todas estas características estão associadas à predominância de alfa-bisabolol em sua composição química.

As metodologias utilizadas para gerar dados complementares (microscopia, físico-químicas) apresentaram notável contribuição para as interpretações realizadas. Foi possível caracterizar as principais estruturas morfo-anatômicas da camomila influenciadas pelo processo de secagem, indicando coerência com os dados obtidos para o rendimento de óleo essencial. Além disso, tanto a água recuperada quanto o óleo essencial nela presentes foram caracterizados pela primeira vez, possibilitando que outros estudos sejam desenvolvidos de modo a ampliar e/ou aprofundar este conhecimento. Há um potencial de sua utilização para fins terapêuticos e controle de fitopatógenos. Em relação às propriedades físico-químicas do óleo essencial extraído a partir dos capítulos florais, que não estavam determinadas para a camomila brasileira, agora poderão ser utilizadas em estudos subseqüentes nas diversas dimensões possíveis.

Em síntese, avaliando o rendimento e a composição química do óleo essencial da camomila submetida à secagem em camada fixa, as principais constatações estão descritas a seguir.

O monitoramento periódico do processo de secagem da camomila possibilitou conhecer as relações entre os parâmetros avaliados e as condições de temperatura, umidade relativa, pressão de vapor e tempo de secagem. Ao contrário do que normalmente se encontra nos estudos sobre secagem de plantas medicinais (Martinazzo *et al.*, 2003; Radünz, 2004; Silva, 2005; Barbosa, 2005), foi possível discutir a evolução ou

comportamento destas variáveis durante o processo de secagem da camomila, possibilitando melhor entendimento dos fatos.

Assim como constatado em estudos anteriores, a perda de água da camomila ocorre progressivamente durante o processo de secagem, diferentemente do que normalmente é constatado para a secagem de outras espécies, utilizadas ou não para fins terapêuticos.

Da mesma forma que em estudos anteriores, a perda de óleo essencial da camomila é inevitável e ocorre durante todo o processo de secagem. Tende a ser maior no início e menor no final do processo, desde que a massa de camomila seja devidamente aquecida já no início do processo de secagem. Estas constatações foram ratificadas pelas visualizações em microscopia eletrônica de varredura, em que as amostras do final da secagem apresentavam todos os tricomas rompidos. Este fato indica que o teor final de óleo essencial pode estar relacionado com seu armazenamento nos canais secretores, estruturas internas mais protegidas que os tricomas.

Em relação à composição química do óleo essencial da camomila, foram identificados 14 principais componentes, incluindo os majoritários. Ao contrário do esperado, as principais substâncias não variaram significativamente, em número e concentração, durante o processo de secagem. Isto indica que não existe comportamento peculiar para estas substâncias em relação às condições de temperatura e tempo de secagem. Entretanto, esta variação foi significativa apenas para o camazuleno à 80° C, o alfa-pineno à 70° C e o cariofileno à 60° C.

De maneira inédita, foram recuperadas, em processo simultâneo, algumas das principais substâncias químicas que compõem o óleo essencial da camomila, volatilizadas e arrastadas pelo vapor d'água durante o processo de secagem. Porém, este processo poderia ter sido mais eficiente se os equipamentos de exaustão e condensação tivessem sido dimensionados para este propósito. Sendo assim, após passar pelo condensador este ar poderia estar sendo redirecionado ao secador em substituição à entrada do ar externo (ambiente), pois estaria aproveitando as condições de baixa umidade e maior energia.

Neste sentido, a recuperação da água da camomila, contendo os componentes do seu óleo essencial, poderia ser realizada desde as primeiras horas de secagem até dois terços do tempo total do processo de secagem, pois após este período o volume coletado provavelmente não seria significativo. Assim, no período final da secagem seria prudente promover a recirculação do ar não saturado, em vez de forçar seu deslocamento em sentido ao condensador e, dessa forma, estaria contribuindo para diminuir o consumo de combustível.

As propriedades físico-químicas do condensado foram devidamente caracterizadas. Alguns resultados preliminares indicam seu potencial terapêutico aplicado à saúde humana e controle alternativo de fitopatógenos. Este óleo essencial destaca-se pela ausência de camazuleno e predominância de alfa-bisabolol e de seus derivados óxidos, o que confere menor densidade e ausência de coloração azul, em relação ao óleo extraído a partir de capítulos florais. Suas concentrações não estão relacionadas às condições de temperatura e tempo de secagem.

Em relação à eficiência de secagem o processo que melhor se destacou foi aquele cuja temperatura do ar foi de 80° C, pois a secagem poderia ter sido concluída três horas antes dos demais, apresentando menor consumo de combustível. Porém, ao prezar pelo teor de óleo essencial, maior destaque para o processo de secagem à 60° C, pois foi o único em que o rendimento superou o mínimo (0,4%) estabelecido pela Farmacopéia Brasileira para que a camomila seja considerada droga vegetal. Esta temperatura também foi considerada ideal para a secagem de outras espécies aromáticas, baseando-se no maior rendimento de óleo essencial (Blanco *et al.*, 2000ab; Martins *et al.*, 2000; Rocha, 2000; Martinazzo *et al.*, 2003; Melo *et al.*, 2004; Silva, 2005; Radünz, 2005).

Diante do desafio de estabelecer melhores condições de secagem para a camomila de modo a minimizar as alterações em seu óleo essencial sugere-se que sejam utilizadas temperaturas não constantes. Assim, é prudente utilizar maiores temperaturas do ar no início do processo para que o aquecimento da massa úmida seja favorecido e, conseqüentemente a evaporação da água seja iniciada. Na seqüência, pode-se diminuir a temperatura do ar de modo a não aquecer excessivamente a massa. No final da secagem é prudente que se interrompa o aquecimento do ar, desde que se disponha de sistema de recirculação do mesmo. Dessa forma, é possível então utilizar a temperatura da massa como mais um parâmetro para interromper o processo de secagem, além do tato e do aspecto visual.

## 6 CONCLUSÕES

Ao avaliar o rendimento e a composição química do óleo essencial da camomila submetida à secagem em camada fixa conclui-se que:

A perda de água da camomila ocorre progressivamente durante o processo de secagem e é diretamente proporcional ao aquecimento da massa.

A perda de óleo essencial da camomila é inevitável e ocorre durante todo o processo de secagem, sendo maior no início e menor no final do processo, desde que a massa de camomila seja devidamente aquecida já no início do processo de secagem. Esta perda está diretamente relacionada com a ruptura dos tricomas glandulares, em que os mais periféricos são primeiramente atingidos e, posteriormente aqueles localizados mais internamente nos capítulos florais.

Não existe comportamento peculiar para a maioria das substâncias químicas em relação às condições de temperatura e tempo de secagem, sendo influenciada apenas quantitativamente.

A concentração de camazuleno no óleo essencial da camomila diminui com o tempo de secagem a 80° C. As concentrações de alfa-pineno e cariofileno aumentam durante o processo de secagem a 70° C e a 60° C, respectivamente.

É possível recuperar, em processo simultâneo de condensação, o alfa-bisabolol e seus derivados óxidos que compõem o óleo essencial da camomila, volatilizados e arrastados pelo vapor d'água.

O óleo essencial da água recuperada apresenta baixa concentração, coloração clara, aroma floral suave, característico e densidade relativa menor que do óleo extraídos dos capítulos florais.

A água recuperada possui aspecto límpido, pH fracamente alcalino, aroma floral suave, adocicado, característico.

Embora o processo de secagem a 80° C seja mais eficiente em relação aos demais, somente a 60° C o rendimento de óleo essencial supera o mínimo (0,4%) estabelecido pela Farmacopéia Brasileira para que a camomila seja considerada droga vegetal.

## 7 REFERÊNCIAS

AGUIRRE, R.; PESKE, S. T. **Manual para el beneficio de semillas**. Cali: CIAT, 1988.

ALONSO J. R. Manzanilla. In:\_\_\_\_\_. **Tratado de fitomedicina** – bases clínicas y farmacológicas. Buenos Aires: ISIS, 1998.

ALONSO, L. F. T. **Desenvolvimento de um aplicativo para o projeto de secadores industriais**. Campinas, 1998. 49f. Exame de qualificação (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Campinas.

ANDRADE, F. M. C. de; CASALI, V. W. D. **Plantas medicinais e aromáticas**: relação com o ambiente, colheita e metabolismo secundário. Viçosa: UFV, 1999. 139p.

ARATA, A. Colectores solares aplicados al secado. In: HORN, M; ROMÁN, R; SARAIVA, L. **Ingeniería del secado solar**. La Plata: CYTED-D, 1998. Capítulo 3.

AROMALÂNDIA. **Óleos essenciais**. Disponível em: <<http://www.aromalandia1hpg.ig.com.br>> Acesso em 10 jan. 2006

BARATA, L. E. S.; VILHA, A. M.; CARVALHO, R. de. Mercado de perfumaria e cosmética no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ÓLEOS ESSENCIAIS, 3., 2005, Campinas. **Palestras**. Campinas: IAC, 2005. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/sboe>> Acesso em 9 jan. 2006.

BARBOSA, F. F. **Avaliação do tempo de residência no campo e da temperatura do ar de secagem sobre o teor e sobre a composição química do óleo essencial de erva-cidreira-brasileira (*Lippia alba* (Mill.) N. E. Brown)**. Viçosa, 2005. 75f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Setor de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas, Universidade Federal de Viçosa.

BARROS, I. B .I. de; IKUTA, A. R. Y.; PARDO, V. A. Multiplicidade de usos e potencial agrícola da marcela (*Achyrocline satureoides* (Lam.) D.C. Compositae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 33., 1993, Brasília. **Resumos**. Curitiba, PR: Sociedade de Olericultura Brasileira, 1993. ref. 18.

BEZZI, A.; AIELLO, N.; GHIDINI, G. Vari tipi di camomilla commune coltivati in Trentino-alto Adige. **L'Informatore Agrario**, Trento, v.19, p.29-32, 1991.

BIANCHI, A.; PAGIOTTI, R. Micromorfologia dei capolini in piante di *Chamomilla recutita* (L.) Rauschert var. *Bona*. In: PAGIOTTI, R.; POLI, F. (Coord) Prospettive di produzione e di impiego delle piante officinali: la camomilla. San Sepolcro: Erboristeria Domani, 2003. p.150-153.

BLANCO, M. C. S. G.; MING, L. C.; MARQUES, M. O. M.; BOVI, O. A. Drying temperature effects in rosemary essential oil content and composition. **Acta Horticulturae**, n.569, p.99-103, 2002.

\_\_\_\_\_. Influência da temperatura de secagem no teor e na composição química do óleo essencial de alecrim. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.18, p.903-911, 2000a.

\_\_\_\_\_. Influência da temperatura de secagem no teor e na composição química do óleo essencial de menta. **Horticultura Brasileira**, Brasília, vol. 18, p. 901-903, jul. 2000b.

BOFF, L. **A águia e a galinha**: uma metáfora da condição humana. Petrópolis: Vozes, 1997.

BONJORNO, R. A.; BONJORNO, J. R.; BONJORNO, V.; RAMOS, C. M. **Física, 2º grau**: mecânica, eletricidade, termologia, ondulatória, óptica geométrica. São Paulo: FDT, 1988. p.227-245.

BORSATO, A. V.; DONI-FILHO, L.; AHRENS, D. C. Secagem da camomila [*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert] com cinco temperaturas do ar. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v.7, n.2, p.77-85, 2005a.

\_\_\_\_\_. Secagem da camomila [*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert] com cinco vazões específicas do ar. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v.7, n.3, p.65-71, 2005b.

BOZZOLA, J. F.; RUSSELL, L. D. **Electron microscopy** – principles and techniques for biologists. Sudbury: Jones and Bartlett Publishers, 1992. 542p.

BRAGANÇA, L. A. R. de. Plantas medicinais: conceitos e benefícios. In:\_\_\_\_\_. **Plantas medicinais antidiabéticas**: uma abordagem multidisciplinar. Niterói: EDUFF, 1996.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília, 1992, 365p.

BUDEL, J. M. **Estudo farmacognóstico de espécies de carqueja: *B. dracunculifolia* DC., *B. articulata* (Lam.) Pers., *B. cylindrica* (Less.) DC e *B. gaudichaudiana* DC., Asteraceae**. Curitiba, 2003. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas), Setor de Saúde, Universidade Federal do Paraná.

BUONAURIO, R.; POLVERARI, A.; CAPPELLI, C. Peronospora radii De Bary nuovo parassita della camomilla comune in Itália. In: PAGIOTTI, R.; POLI, F. (Coord) Prospective di produzione e di impiego delle piante officinali: la camomilla. San Sepolcro: Erboristeria Domani, 2003. p.93-96.

BUSTAMANTE, F. M. L. **Plantas medicinales y aromaticas** – estudio, cultivo y procesado. Madrid: Mundi-Prensa, 1987.

CAETANO, N. N. de; FONTE, J. R. da; BORSATO, A. V. Sistemas de produção de plantas medicinais na Região Metropolitana de Curitiba. In: FARMAPOLIS, 2001, Florianópolis. **Farmapolis - Resumos**. Florianópolis: Sindfar-SC, 2001a.

CAETANO, N. N. de; FONTE, J. R. da; BORSATO, A. V. Sistemas de produção de plantas medicinais na Região Metropolitana de Curitiba. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE FARMACOGNOSIA, 3, 2001, Curitiba. **Resumos**. Curitiba: UFPR, 2001b.

CAPRA, F. **As conexões ocultas** – ciência para uma vida sustentável. São Paulo: Cultrix, 2002. 296p.

CARNEIRO, M. A. A.; FERNANDES, G.W. Sexo, drogas e herbivoria. As relações conflituosas entre plantas e insetos. **Ciência Hoje**, v. 20, n. 118, p. 32-35, 1996.

CARVALHO, N. M. **A secagem de sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 165p.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 3. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 424p.

CASTRO, H. G. de; FERREIRA, F. A.; SILVA, D. J. H da; MOSQUIM, P. R. **Contribuição ao estudo das plantas medicinais: metabólitos secundários**. Viçosa; UFV, 2001. 104p.

CASTRO, M. D. L. de; JIMÉNEZ-CARMONA, M. M.; FERNÁNDEZ-PÉREZ, V. Towards more rational techniques for the isolation of valuable essential oils from plants. **Trends in Analytical Chemistry**, Córdoba, v.18, n.11, p.708-716, 1999.

CAVARIANI, C.; BAUDET, L. M. L. Secagem de sementes. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v.8, n.91, p.44-69, 1982.

CCI – CENTRO DE COMERCIO INTERNACIONAL. **Estudio de mercado: hierbas culinárias secas – un panorama de mercados seleccionados de Europa Occidental**. UNCTAD/GATT, 1992.

COLORIO, G.; TOMASONE, R.; PAGLIARI, P.; BOZZOLI, M.; CIPOLLARO, L.; CEDOLA C. Innovazione nella raccolta meccanica della camomilla. In: PAGIOTTI, R.; POLI, F. (Coord) Prospettive di produzione e di impiego delle piante officinali: la camomilla. San Sepolcro: Erboristeria Domani, 2003. p.69-82.

COOK, R. J.; PAPENDICK, R. I. Role of water potential in microbial growth and development of plant disease, with special reference to post harvest pathology. **Hortscience**, Mount Vernon, v. 13, n. 5, p. 559-564, out. 1978.

CORRÊA JUNIOR, C.; GOMES, M. O. Avaliação do teor de óleo essencial da camomila [*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert] após diferentes temperaturas de secagem. In: SIMPÓSIO DE PLANTAS MEDICINAIS DO BRASIL, 15., 1998, Águas de Lindóia. **Anais**. Águas de Lindóia: UFSC, 1998.

CORRÊA JUNIOR, C. **Influência das adubações orgânica e química na produção de camomila [*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert] e do seu óleo essencial**. Jaboticabal, 1994. 102f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.

CORRÊA JUNIOR, C.; MING, L. C.; SCHEFFER, M. C. **Cultivo de plantas medicinais, aromáticas e condimentares**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 162p.

\_\_\_\_\_. A importância do cultivo de plantas medicinais, aromáticas e condimentares. **SOB Informa**, Brasília, v. 9, n. 2, p. 23-24, 1991.

CORRÊA JUNIOR, C.; SCHEFFER, M. C. Produção de plantas medicinais, aromáticas e condimentares no Estado do Paraná. In: CORRÊA JUNIOR, C.; GRAÇA, L. R.; SCHEFFER, M. C. (Orgs.) **Complexo agroindustrial das plantas medicinais, aromáticas e condimentares no Estado do Paraná: diagnósticos e perspectivas**. Curitiba: SPPM, Emater-PR, Embrapa-Florestas, 2004. p.48-68.

COSTA, A. F. **Farmacognosia**. 3. ed. v.1. Lisboa: Fundação Galouste Gulbenkian, 1975. p.413-466.

COSTA, M. A. D. **Processo de produção agrícola da cultura da camomila no município de Mandirituba, PR**. Curitiba, 2001. 69 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

CRUZ, G. A. **Desidratação de alimentos**. São Paulo: SP, 1990. 207p.

CURIONI, A. O. **Secado de hierbas aromáticas y medicinales**. La Plata: UNLP, 1998. 612p.

CURIONI, A.; ALFONSO, W. La manzanilla común [*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert] – cosecha y poscosecha. **Revista de Tecnología Agropecuaria**, maio, p. 72-76, 1996.

DAVIS, P. **Aromaterapia**. São Paulo: Ed. Martins Fontes. 1996. 507p.

DELLACECCA, V.; BEZZI, A.; CHIUMENTI, R.; GALIGANI, P. F.; LETO, C.; MARZI, V.; NANO, G. M.; ZANZUCCHI, C. Camomilla (*Chamomilla recutita* (L.) Rauchert) – primi risultati ottenuti nell'ambito del progetto "coltivazione e miglioramento di piante officinali". **Agricoltura ricerca**, v. 131, p.77-96, 1992.

DEWICK, P. M. **Medicinal natural products: a biosynthetic approach**. Chichester, John Wiley & Sons, 1997. 466p.

DI STASI, L. C. Arte, ciência e magia. In:\_\_\_\_\_. **Plantas medicinais: arte e ciência – um guia de estudo interdisciplinar**. São Paulo: UNESP, 1996a. p.15-21.

DI STASI, L. C. Química de produtos naturais: principais constituintes ativos. In:\_\_\_\_\_. **Plantas medicinais: arte e ciência – um guia de estudo interdisciplinar**. São Paulo: UNESP, 1996b. p.109-128.

DONALÍSIO, M. G. R. Determinações preliminares do teor de óleo essencial em camomila cultivada no Brasil. **Bragantia**, Campinas, v.44, n.1, p.407, 1985.

DORIA, J.; ANDRÉS, M, C, de. Psicrometria aplicada al secado. In: HORN, M; ROMÁN, R; SARAIVA, L. **Ingeniería del secado solar**. La Plata: CYTED-D, 1998. Capítulo 4.

DRAZIC, S. Semearstvo kamilice – stanje e perspektive. In: SEKULOVIC, D.; KISGECI, J.; MIHAJLOV, M.; MAKSIMOVIC, S.; VUKOMANOVIC, L.; BOGDANOVIC, J. KOJIC, M. (Orgs.) **Kamilica [*Chamomilla recutita* (L.) Rausch.]**. Beograd: Delatnost Instituta, 1997. p.108-119.

ELDER, H.; MALVASIO, M.; RETAMAR, J. Estabilización de las hojas y flores de *Origanum vulgare* L. (orégano) por presión y temperatura. In: CONGRESO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES AROMÁTICOS Y MEDICINALES, 7., 1993. **Anais...**, 1993. p. 17.

ESALQ/USP. Laboratório de Patologia de Sementes. **Boletim de análise de sementes**. MORAES, M.H.D. Piracicaba, 16 de janeiro de 2003.

FAHLÉN, A.; WELANDER, M.; WENNERSTEN, R. Effects of light-temperature regimes on plant growth and essential oil yield of selected aromatic plants. **Journal Science Food Agriculture**, Great Britain, v.73, p.111-119, 1997.

FARMACOPÉIA BRASILEIRA. 4ª ed. São Paulo: ATHENEU, 1996. v. 2.



FARNSWORTH, N. R.; AKERELE, O.; BINGEL, A. S.; SOEJARTO, D. D.; GUO, Z. Medicinal plants in therapy. **Bull. W. H. O.**, v. 63, p. 965-981, 1985.

FERNANDES, I. F. O desempenho do comércio exterior brasileiro de óleos essenciais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ÓLEOS ESSENCIAIS, 3., 2005, Campinas. **Palestras**. Campinas: IAC, 2005. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/sboe>> Acesso em 9 jan. 2006.

FERRI, P. H. Química de produtos naturais: métodos gerais. In: DI STASI, L. C. **Plantas medicinais: arte e ciência – um guia de estudo interdisciplinar**. São Paulo: UNESP, 1996. p.129-156.

FONTE, N. N. da. **A complexidade das plantas medicinais: algumas questões atuais de sua produção e comercialização**. Curitiba, 2004. 199f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

FORTES, M. **A non-equilibrium thermodynamics approach to transport phenomena in capillary-porous media with special reference to drying of grains and foods**. West Lafayette, 1978. 172 f. Tese (Doutorado em Agronomia), Purdue University.

FREIRE, P. **Extensão ou comunicação**. 11. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2001. 93p.

\_\_\_\_\_. **Pedagogia da autonomia – saberes necessários à prática educativa**. 16.ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2000. 165p.

\_\_\_\_\_. **Pedagogia do oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1975.

FURLAN, M. R. Aspectos agrônômicos em plantas medicinais. In: DI STASI, L. C. **Plantas medicinais: arte e ciência – um guia de estudo interdisciplinar**. São Paulo: UNESP, 1996. p.157-186.

GAARDER, J. **O mundo de Sofia: romance da história da filosofia**. 6. ed. Tradução de: João Azenha Jr. São Paulo: Companhia das Letras, 1995. p.182.

GARRIDO, M. Fungal contamination in comercial spices. **Alimentaria**, Madrid, v.25, n.189, p.81-84, 1988.

GENAMAZ. **Estudo de mercado de matéria prima: corantes naturais (cosméticos, indústria de alimentos), conservantes e aromatizantes, bio-inseticidas e óleos vegetais e essenciais (cosméticos e oleoquímica)**. Disponível em: <http://www.genamaz.org.br/estudocosmetico01.html> Acesso em 12 jan. 2006.

GINIEIS, A. **Manzanilla, un cultivo no tradicional**. Luján, 1992. Monografia (Licenciatura en Geografia), Universidad de Luján.

GOTTLIEB, O. R.; SALANTINO, A. Função e evolução de óleos essenciais e de suas estruturas secretoras. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 39, n. 8, p 707-716, 1987.

GOTTLIEB, O. R.; KAPLAN, M. A. Das plantas medicinais aos fármacos naturais. **Ciência Hoje**, São Paulo, v. 15, n. 89, p. 51-54,1993.

GRIMSTONE, A. V. **O microscópio eletrônico em biologia**. Trad. Marina Silveira. Série: Temas de biologia. v.11. São Paulo: Epusp, 1980. 70p.

GUENTHER, E. **The essential oils** – individual essential oils of the plant families. v. 5. Princeton: D. Van Nostrand Company, 1952. p.425-497.

HALL, C. W. **Drying and storage of agricultural crops**. Westport, Avi Publishing, 1957. 382p.

HORN, M.; SINICIO, R.; BELTRÁN, R.; CORVALÁN, R. El proceso de secado. In: HORN, M.; ROMÁN, R.; SARAIVA, L. **Ingeniería del secado solar**. La Plata: CYTED-D, 1998. Capítulo 5.

IKUTA, A. R. Y. **Estudos sobre a propagação de marcela, *Achyrocline satureioides* (Lam.) D. C., Compositae**. Porto Alegre, 1993. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

IVANOVIC, M.; STEPIC, R.; VUKSA, P. Zastita kamilice od bolesti, stetocina I korova. In: SEKULOVIC, D.; KISGECI, J.; MIHAJLOV, M.; MAKSIMOVIC, S.; VUKOMANOVIC, L.; BOGDANOVIC, J. KOJIC, M. (Orgs.) **Kamilica [*Chamomilla recutita* (L.) Rausch.]**. Beograd: Delatnost Instituta, 1997. p.120-126.

KAYS, E. J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: AVI Book, 1991. 532p.

KIRSCH, K. El cultivo de la manzanilla en Argentina. **Dragoco report**, Holzminden, n.2, p.67-75, 1990.

KLAUS-PETER, A.; ZAPP, J. Biosynthesis of the isoprene units of chamomile sesquiterpenes. **Phytochemistry**, v.48, n.6, p.953-959, 1998.

KNEULE, F. **El secado**. Bilbao: Urmo, 1966. 405p.

KOJIC, M.; DAJIC, Z. Biologija kamilice. In: SEKULOVIC, D.; KISGECI, J.; MIHAJLOV, M.; MAKSIMOVIC, S.; VUKOMANOVIC, L.; BOGDANOVIC, J. KOJIC, M. (Orgs.) **Kamilica [*Chamomilla recutita* (L.) Rausch.]**. Beograd: Delatnost Instituta, 1997. p.15-25.

LASSERAN, J. C. News developments in energy preservation for maize drying. In: INGLET, G. E. (Ed). **Maize recent progress in chemistry and technology**. New York: Academic press, 1982. p.53-76.

\_\_\_\_\_. Princípios gerais de secagem. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.3, n.3, p.17-45, 1978.

LAWRENCE, B. M. Progress in essential oils. **Perfumer & Flavorist**, v.21, 1996. p.55-68.

LEE, J. F.; SEARS, F. W. **Termodinâmica**. Rio de Janeiro: Livro Técnico, 1969. 667p.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas cultivadas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. 512p.

MAKSIMOVIC, S.; BOGDANOVIC, J. Stanje, mogucnosti I potrebe za plantaznom proizvodnjom kamilice. In: SEKULOVIC, D.; KISGECI, J.; MIHAJLOV, M.; MAKSIMOVIC, S.; VUKOMANOVIC, L.; BOGDANOVIC, J. KOJIC, M. (Orgs.) **Kamilica [*Chamomilla recutita* (L.) Rausch.]**. Beograd: Delatnost Instituta, 1997. p.53-60.

MANN, J. **Secondary metabolism**. 2. ed. Oxford: Clarendon Press, 1995. 374p.

MARTINAZZO, A. P.; CARDOZO JÚNIOR, E. L.; MELO, E. C.; CARVALHO, R. T. Influência da secagem no rendimento do óleo essencial de *Mentha arvensis* L. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ÓLEOS ESSENCIAIS, 2., 2003, Campinas. **Documentos IAC 74**. Campinas: IAC, 2003. p.22.

MARTINS, E. R.; DE CASTRO, D. M.; CASTELLANI, D. C.; DIAS, J. E. **Plantas medicinais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1995.

MARTINS, P. M.; MELO, E. C.; CORRÊA, P. C.; BARBOSA, L. C. A.; SANTOS, R. H. S. Influência da temperatura e velocidade do ar de secagem no teor e composição química do óleo essencial de capim-limão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, vol. 18, p. 911-913, jul. 2000.

MATOS, J. A.; MACHADO, I. L.; ALENCAR, J. W.; CRAVEIRO, A. A. Constituents of brazilian chamomile oil. **Journal of essential oil research**, n.5, p.337-339, 1993.

MELO, E. C.; RADÜNZ, L. L.; MELO, R. C. A. Influência do processo de secagem na qualidade de plantas medicinais – revisão. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.12, n.4, p.307-315, 2004.

MENON, A. S.; MUJUMDAR, A. S.. Drying of solids: principles, classification, and selection of dryers. In: MUJUMDAR, A. S. Handbook of Industrial Drying. New York: Marcel Dekker Inc., 1987. cap. 9, p. 295-326.

MIGUEL, M. D.; MIGUEL, O. G. **Desenvolvimento de fitoterápicos**. São Paulo: ROBE, 1999.

MIHAJLOV, M. Rasprostranjenost kamilice u Srbiji I kvalitet njenih cvasti sa razlicitih prirodnih nalazista. In: SEKULOVIC, D.; KISGECI, J.; MIHAJLOV, M.; MAKSIMOVIC, S.; VUKOMANOVIC, L.; BOGDANOVIC, J. KOJIC, M. (Orgs.) **Kamilica [*Chamomilla recutita* (L.) Rausch.]**. Beograd: Delatnost Instituta, 1997. p.34-48.

MOREIRA, E. A.; KRAMBECK, R. Análise cromatográfica do óleo essencial das folhas de *Cunila augustifolia* Benth. Labiatae. **Tribuna Farmacêutica**, Curitiba, vol. 44, n.1-2, p.3-12, 1976.

MORIN, Edgar. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. Traduzido por Catarina Eleonora F. da Silva e Jeanne Sawaya. 4. ed. São Paulo: Cortez; Brasília: UNESCO, 2001. 118p.

MÜLLER, J.; MÜHLBAUER, W. Effects of drying on the essential oil of *Chamomilla recutita*. In: INTERNATIONAL JOINT SYMPOSIUM OF: GESELLSCHAFT FÜR ARZNEIPFLANZENFORSCHUNG; AMERICAN SOCIETY OF PHARMACOGNOSY; ASSOCIATION FRANÇAISE POUR L'ENSEIGNEMENT ET LA RECHERCHE EN PHARMACOGNOSIE; PHYTOCHEMICAL SOCIETY OF EUROPE. 1, 1990, **Short reports of short lectures and posters presentations**. Institut für pharmazeutische biologie, 1990. p.155.

MUÑOZ, F. **Plantas medicinales y aromaticas** – estudio, cultivo y procesado. Madrid: Mundi-Prensa, 1993.

NAKASHIMA, T.; MOREIRA, E. A.; SATO, M. E. O.; GUIMARÃES, O. A.; MIGUEL, O. G.; CECY, C. Óleo essencial em espécies de *eucalyptus* aclimatadas no Estado do Paraná. **Tribuna Farmacêutica**, Curitiba, vol. 53, n.1, p.29-35, 1985.

NEVES, E. S. Plantas medicinais na saúde pública. **Silvicultura**, São Paulo, v. 6-A, p. 181-186, 1982.

OLIVEIRA, F. de.; AKISUE, G. **Fundamentos de farmacobotânica**. Rio de Janeiro: Atheneu, 1989. 178p.

OLIVEIRA, F. de.; AKISUE, G.; AKISUE, M. K. **Farmacognosia**. São Paulo: Atheneu, 1991. 526p.

OLIVEIRA, L. P. **Plante saúde: farmácias caseiras**. Curitiba: Prefeitura Municipal, 1995.

OTTE, S. Los aceites esenciales – medicina redescubierta. **Dragoco report**, Holzminden, n.3, p.91-109, 1994.

PAGE, M; STEARN, W. T. **Hierbas para cocinar**. Barcelona: Grafos, 1992.

PARK, K. J.; NOGUEIRA, R. I. Modelos para ajuste de isotermas de sorção de alimentos. **Engenharia Rural**, v.3, n.1, p.180-186, 1992.

PERBELLINI, L.; GOTTARDO, R.; CAPRINI, A.; BORTOLOTTI, F.; MARIOTTO, S.; TAGLIARO, F. Determination of alpha-bisabolol in human blood by micro-HPLC-ion trap MS and head space-GC-MS methods. **Journal of chromatography**, v.812, p.373-377, 2004.

PIAGET, J. **Para onde vai a educação?** Rio de Janeiro: Olympio-Unesco, 1973.

POCÁ, A. M. P. C. **Biomassa, óleo essencial, perfil fitoquímico e nutrientes da carqueja sob influência de fontes e doses de nitrogênio**. Curitiba, 2005. 58f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná

POVH, N. P. **Obtenção do óleo essencial da camomila (*Matricaria recutita* [L.] Rauschert) por diferentes métodos: destilação por arraste a vapor, extração com solventes orgânicos e extração com CO<sub>2</sub> supercrítico**. Campinas, 2000. 217 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

RAAL, A.; ARAK, E.; ORAV, A.; IVASK, K. Comparación de aceites esenciales de *Matricaria recutita* L. de origen diverso. **Ars. Pharmaceutica**, v.44, n.2, p.159-165, 2003.

RADÜNZ, L. L. **Efeito da temperatura do ar de secagem no teor e na composição dos óleos essenciais de guaco (*Mikania glomerata* Sprengel) e hortelã-comum (*Menta x villosa* Huds)**. Viçosa, 2004. 99f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Setor de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas, Universidade Federal de Viçosa.

RADÜNZ, L. L.; MELO, E. C.; BERBERT, P. A.; BARBOSA, L. C. A.; ROCHA, R. P.; GRANDI, A. M. Efeitos da temperatura do ar secagem sobre a qualidade do óleo essencial de alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham.). **Revista Brasileira de Armazenamento**, v.27, n.2, p.9-13, 2002.

RAMOS, M. B. M.; VIEIRA, M. C.; ZÁRATE, N. A. H.; SIQUEIRA, J. M.; ZIMINIANI, M. G. Produção de capítulos florais em função de populações de plantas e da incorporação ao solo de cama-de-aviário. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.3, p.566-572, 2004.

RATERA, E.; RATERA, M. **Plantas de la flora argentina empleadas en medicina popular**. Argentina: Hemisfério Sur, 1980.

RISTIC, M.; KRIVOKUCA-DOKIC, D. Hemijjski sastav kamilice. In: SEKULOVIC, D.; KISGECI, J.; MIHAJLOV, M.; MAKSIMOVIC, S.; VUKOMANOVIC, L.; BOGDANOVIC, J. KOJIC, M. (Orgs.) **Kamilica [*Chamomilla recutita* (L.) Rausch.]**. Beograd: Delatnost Instituta, 1997. p.137-148.

ROBBERS, J.E.; SPLEDIE, M.K.; TYLER, V.E. **Pharmacognosy and pharmacobiotechnology**. Baltimore: William e Wilkins, 1996.

ROCHA, S. F. R.; MING, L. C.; MARQUES, M. O. M. Influência de cinco temperaturas de secagem no rendimento e composição do óleo essencial de citronela (*Cymbopogon winterianus* Jowitt). **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, vol. 3, n. 1, p. 73-78, out. 2000.

ROGERS, C. **Liberdade para aprender**. Belo Horizonte: Interlivros, 1972.

SALAMON, I. Changes in quantitative-qualitative composition of chamomile essential oil during the three harvests of a year. **Herba Polonica**, Michalovee, v. 11, n. 1-2, p.17-25, 1994.

\_\_\_\_\_. Production of chamomile [*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert] in Slovakia. **Journal of herbs, spices and medicinal plants**, Michalovee, v. 1, n. 1-3, p. 37-45, 1992.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Plant physiology**. 4. ed. Belmont: Wadsworth, 1992. 682p.

SANTOS, R. I. Metabolismo básico e origem dos metabólitos secundários. IN: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia – da planta ao medicamento**. 2.ed. Porto Alegre: UFRGS, 2000.

SARAIVA, L. Introduccion. In: HORN, M; ROMÁN, R; SARAIVA, L. **Ingeniería del secado solar**. La Plata: CYTED-D, 1998. Capítulo 1.

SARAIVA, L; HORN, M. El secador solar. In: HORN, M; ROMÁN, R; SARAIVA, L. **Ingeniería del secado solar**. La Plata: CYTED-D, 1998. Capítulo 6.

SILVA, J. S.; AFONSO, A. D. L.; DONZELLES, S. M. L. Secagem e secadores. In: **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Juarez de Sousa e Silva (ed.). Viçosa, 2000. 1 CD-ROM

SILVA, F. da. **Avaliação do teor e da composição química do óleo essencial de plantas medicinais submetidas a processos de secagem e armazenamento**. Campinas, 2005. 168f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Campinas.

SILVA, F. da; CASALI, V. W. D. **Plantas medicinais e aromáticas: pós-colheita e óleos essenciais**. Viçosa: UFV, 2000. 135p.

SILVEIRA, S. F. R.; SILVA, J. S.; PINTO, F. A. C.; RESENDE, R. C. Composição do custo de secagem. In: **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Juarez de Sousa e Silva (ed.). Viçosa, 2000. 1 CD-ROM

SIMÕES, C. M. O.; SPITZER, V. Óleos voláteis. In: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P. de; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia – da planta ao medicamento**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1999.

SOUZA, N. Plantas medicinais. **O Estado de São Paulo**, 30 março 2005. Agrícola, p.6-7.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 2. ed. Sunderland: Sinauer, 1998. 792p.

TAVIANI, P.; ROSELLINI, D.; VERONESI, F. Biodiversità della camomilla in Itália centrale valutata al livello del DNA e dell'olio essenziale. In: PAGIOTTI, R.; POLI, F. (Coord) Prospettive di produzione e di impiego delle piante officinali: la camomilla. San Sepolcro: Erboristeria Domani, 2003. p.29-34.

TIRILLINI, B.; PAGIOTTI, R.; MENGHINI, L.; PELLEGRINO, R.; PINTORE, G. Distribuzione dei principali componenti dell'olio essenziale di Chamomilla recutita (L.) Rauschert nei capolini. In: PAGIOTTI, R.; POLI, F. (Coord) Prospettive di produzione e di impiego delle piante officinali: la camomilla. San Sepolcro: Erboristeria Domani, 2003. p.97-101.

TOLEDO, F. F. **Produção de sementes**. Piracicaba: E.S.A. "Luiz de Queiroz", 1969. 59p.

TOLEDO, F. F.; MARCOS FILHO, J. **Manual das sementes: tecnologia da produção**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1977. 224p.

TRADE MAP – International trade center (ITC). Banco de dados on-line. Disponível em: <<http://www.itracen.org/mas>> Acesso em 15 nov. 2005.

UGRESIC, N.; KOVACEVIC, N.; KILIBARDA, V. Farmakoloska svojstva kamilice. In: SEKULOVIC, D.; KISGECI, J.; MIHAJLOV, M.; MAKSIMOVIC, S.; VUKOMANOVIC, L.; BOGDANOVIC, J. KOJIC, M. (Orgs.) **Kamilica [Chamomilla recutita (L.) Rausch.]**. Beograd: Delatnost Instituta, 1997. p.149-153.

VENDER, C. **Indagine sulla consistenza e le caratteristiche della produzione di piante officinali in Itália – dati 1999**. Trento: ISAFA, 2001/3. 72p.

VILLELA, F. A. **Efeitos da secagem intermitente sobre a qualidade de sementes de milho**. Piracicaba, 1991. 104f. Tese (Doutorado em Agronomia ) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

VULETA, G.; SEKULOVIC, D. Fitopreparati i kozmeticki proizvodi na bazi kamilice. In: SEKULOVIC, D.; KISGECI, J.; MIHAJLOV, M.; MAKSIMOVIC, S.; VUKOMANOVIC, L.; BOGDANOVIC, J. KOJIC, M. (Orgs.) **Kamilica [Chamomilla recutita (L.) Rausch.]**. Beograd: Delatnost Instituta, 1997. p.154-157.

WAGNER, H.; BLADT, S.; ZGEINSKI, E. M. **Drogen analyse**. Berlin: Verlag, 1983. 321p.

WASICKY, R. Uma modificação do aparelho de Clevenger para extração de óleos essenciais. **Ver. Fac. Farm. Bioquim.**, São Paulo, v.1, n.1, p.77-81, 1963.

WHITE, A. **Hierbas Del Ecuador**. Ecuador: Libri Mundi Quito, 1985.

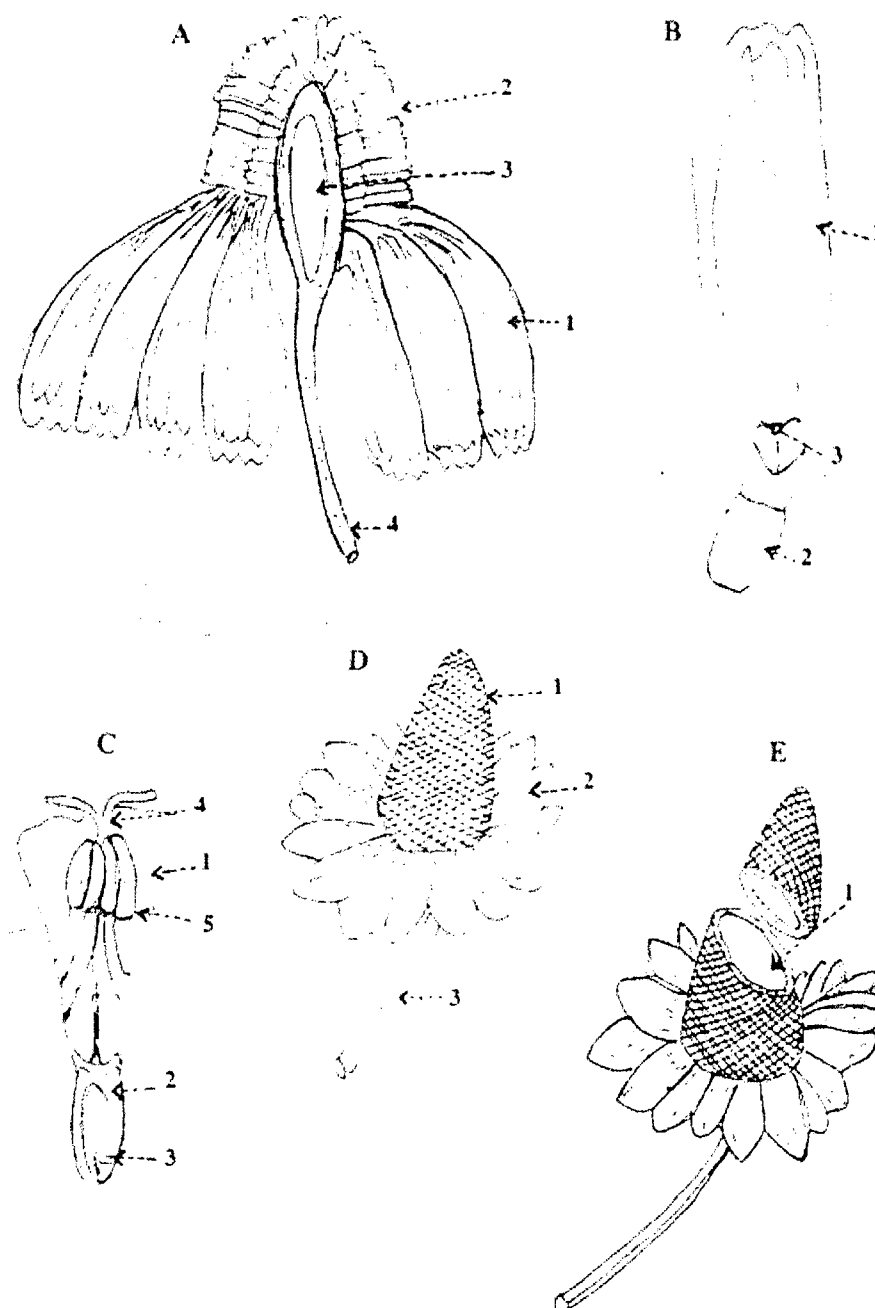
WINDHOLG, M. (Ed.) The Merck index – an encyclopedia of chemicals, drugs and biological. 3. ed. Rahway: Merck & CO., 1983.

WORWOOD, S. **Aromaterapia. Um Guia de A a Z para o uso terapêutico dos óleos essenciais.** São Paulo: Editora Best Seller. 1995. 251 p.

ZECOVIC, Z. Isparljive komponente / superkritica ekstrakcija i neisparljive komponente / fermentacija kamilice. In: SEKULOVIC, D.; KISGECI, J.; MIHAJLOV, M.; MAKSIMOVIC, S.; VUKOMANOVIC, L.; BOGDANOVIC, J. KOJIC, M. (Orgs.) **Kamilica [*Chamomilla recutita* (L.) Rausch.]**. Beograd: Delatnost Instituta, 1997. p.154-157.

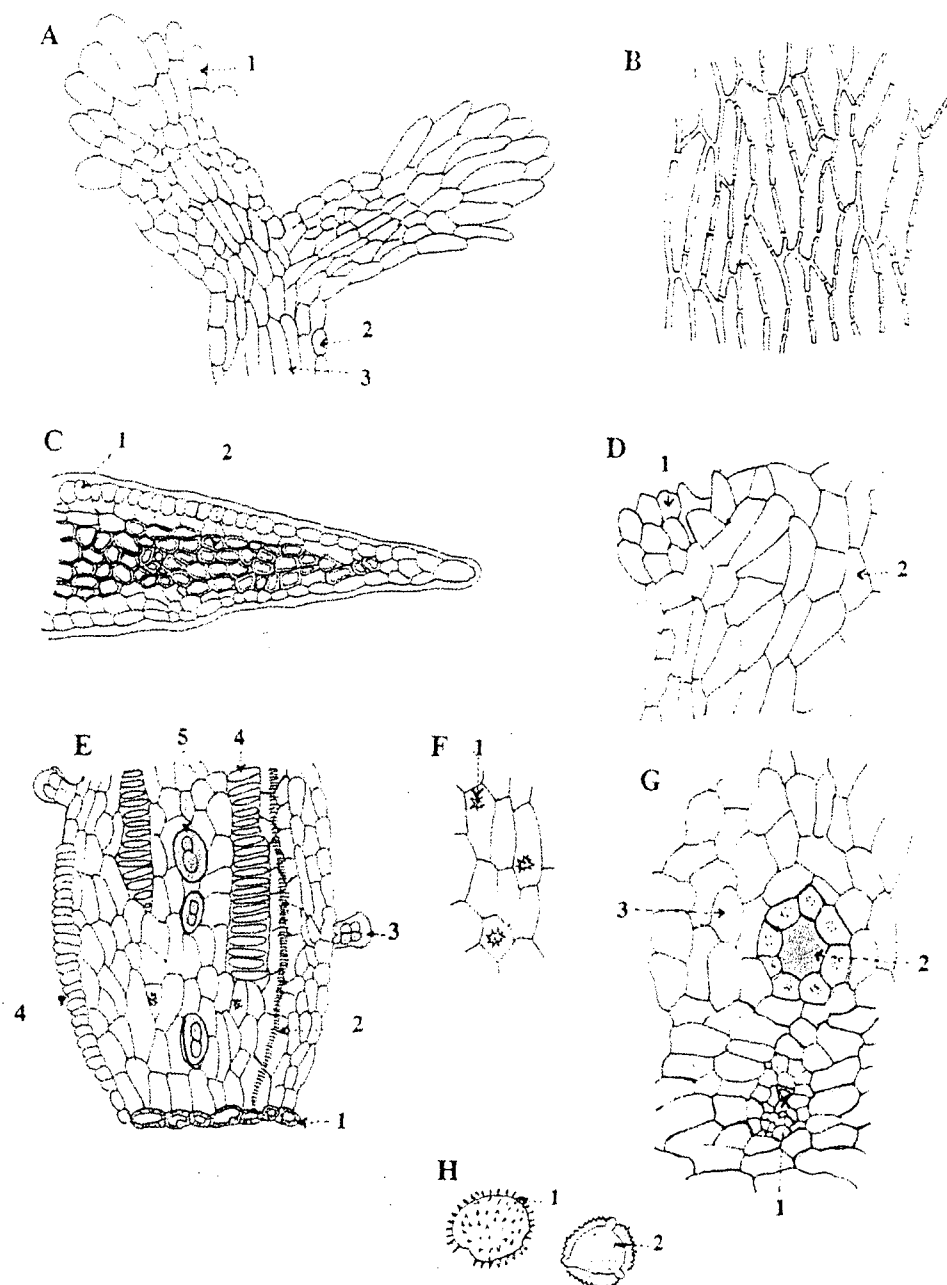
## **ANEXOS**



ANEXO 1 – Descrição macroscópica da Camomila (*Matricaria chamomilla* L.).

A – Capítulo cortado longitudinalmente: 1 – floreta ligulada; 2 – floreta tubulosa; 3 – receptáculo oco; 4 – pedúnculo. B – Floreta ligulada: 1 – lígula; 2 – ovário; 3 – estigma bifido. C – Floreta tubulosa em secção longitudinal: 1 – corola; 2 – ovário; 3 – óvulo anátropo; 4 – estigma bifido; 5 – estames soldados pelas anteras. D – Capítulo desprovido de floretas: 1 – receptáculo; 2 – brácteas involucreis; 3 – pedúnculo. E – Capítulo desprovido de floretas, mostrando receptáculo oco em corte transversal: 1 – receptáculo oco.

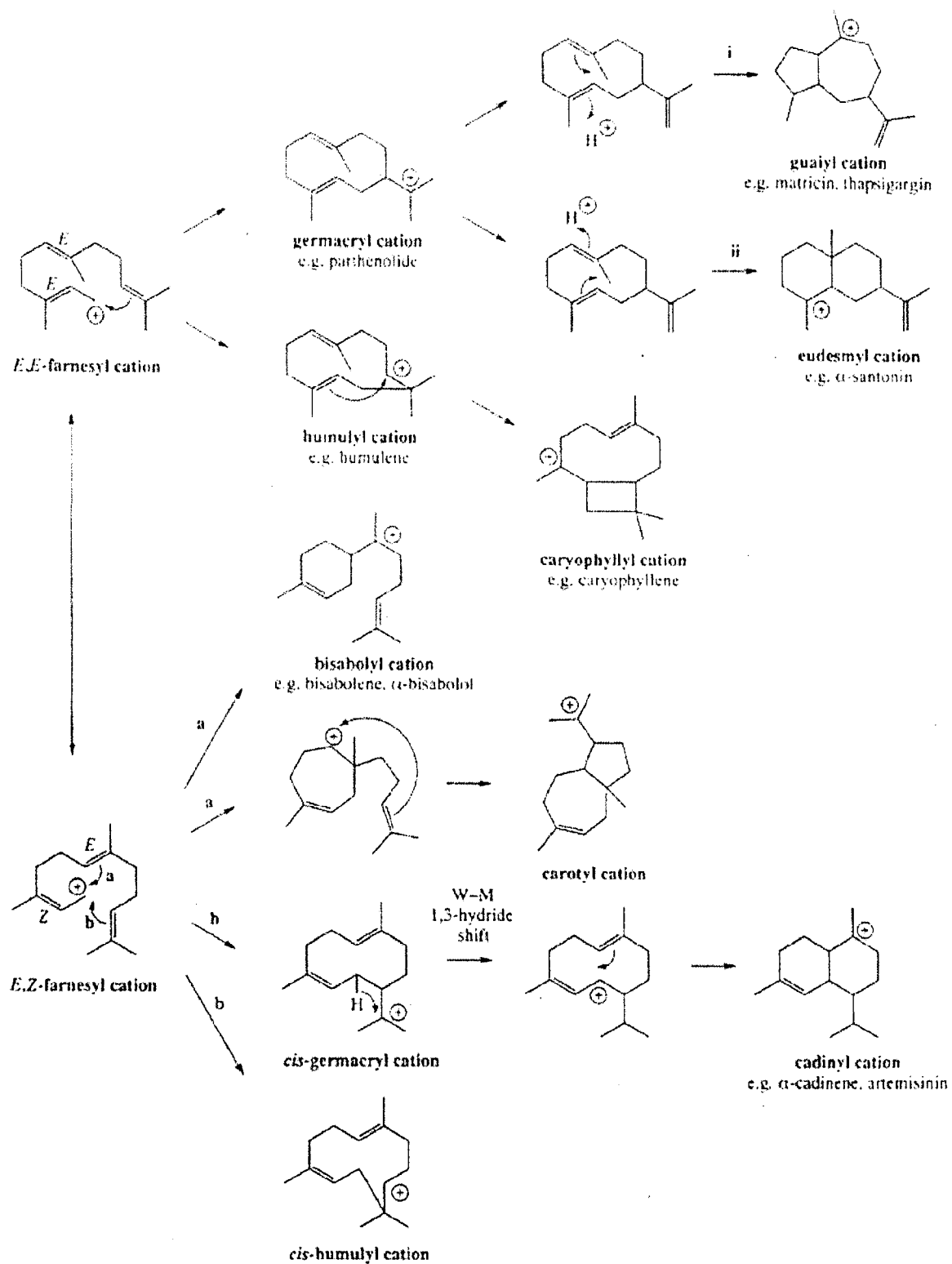
FONTE: Oliveira *et al.* (1991).

ANEXO 2 – Descrição microscópica da Camomila (*Matricaria chamomila* L.).

A – Estigma bifido: 1 – papilas estigmáticas; 2 – epiderme; 3 – parênquima fundamental. B – Bráctea involucral vista de face. C – Bráctea involucral em secção transversal: 1 – epiderme; 2 – lâmina esclerosada. D – Extremidade dos dentes de uma floreta tubulosa: 1 – papilas; 2 – epiderme vista de face. E – Ovário visto de face: 1 – anel esclerótico; 2 – vaso xilemático espiralado de feixe vascular; 3 – pêlo glandular visto de lado; 4 – célula mucilagínosa; 5 – pêlo glandular visto de cima. F – Parênquima fundamental ovariano: 1 – drusa. G – Receptáculo em corte transversal: 1 – feixe vascular delicado; 2 – canal secretor; 3 – parênquima fundamental. H – Grãos de pólen: 1 – aspecto geral; 2 – corte ótico.

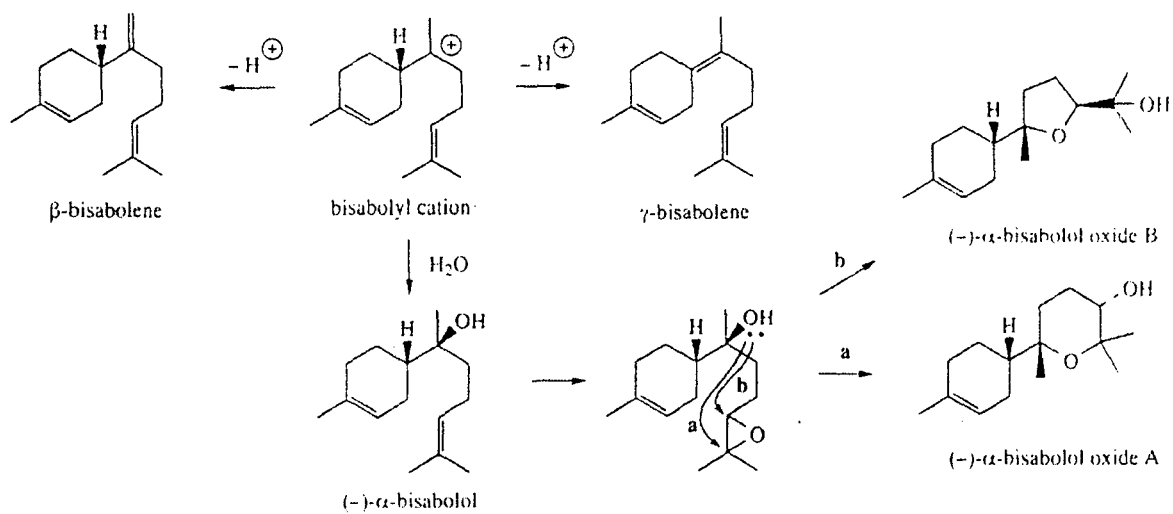
FONTE: Oliveira *et al.* (1991).

ANEXO 3 – Rota metabólica de síntese de alguns carbocátions precursores das principais substâncias químicas que compõem o óleo essencial da camomila [*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert].



Fonte: Dewick, 1997.

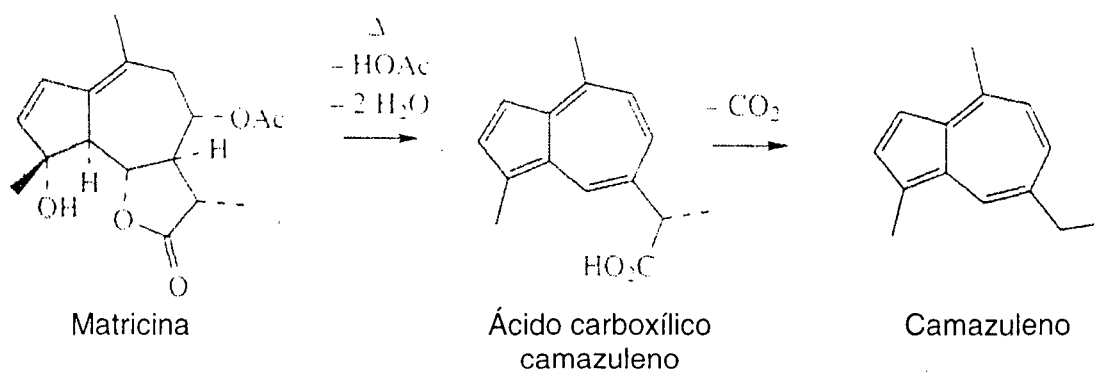
ANEXO 4 – Síntese de algumas das principais substâncias químicas que compõem o óleo essencial da camomila [*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert], a partir do carbocátion bisabolil.



Fonte: Dewick, 1997.

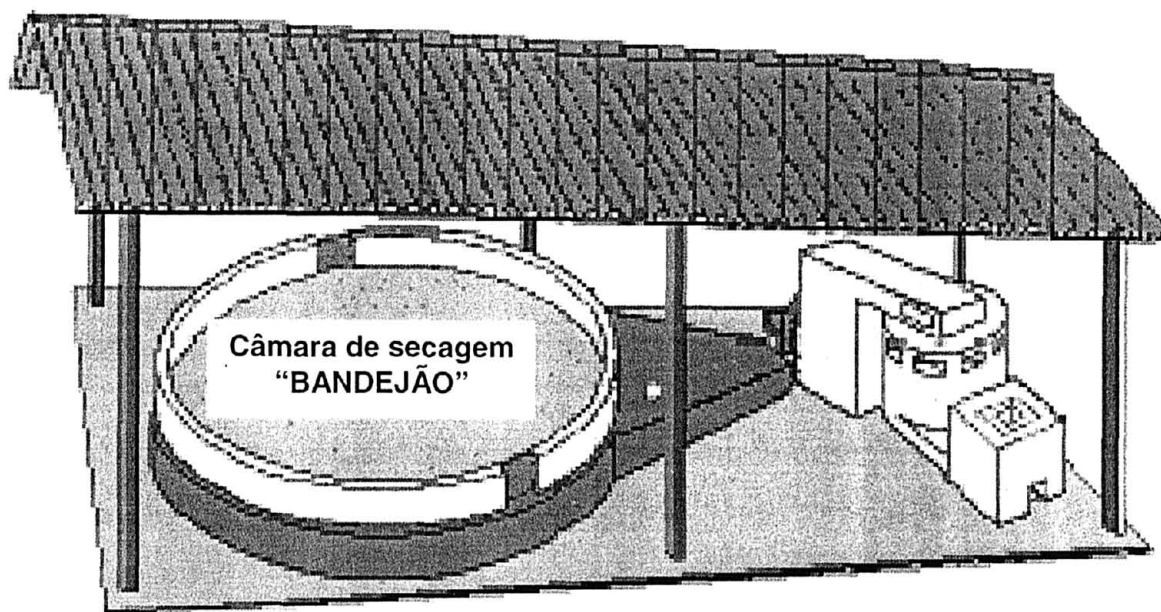
## ANEXO 5 – Reação química de síntese do camazuleno.

Eliminação do ácido  
acético e duas  
moléculas de H<sub>2</sub>O.



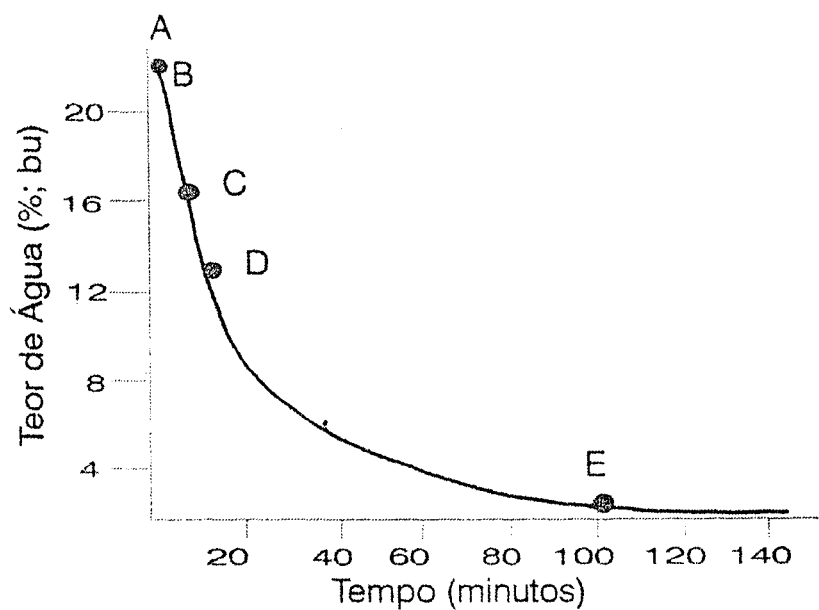
Fonte: Dewick, 1997.

ANEXO 6 – Modelo de secador de camada fixa ou secagem estacionária, do tipo bandejão, projetado pela Universidade Federal de Viçosa.



FONTE: Silva *et al.* (2000)

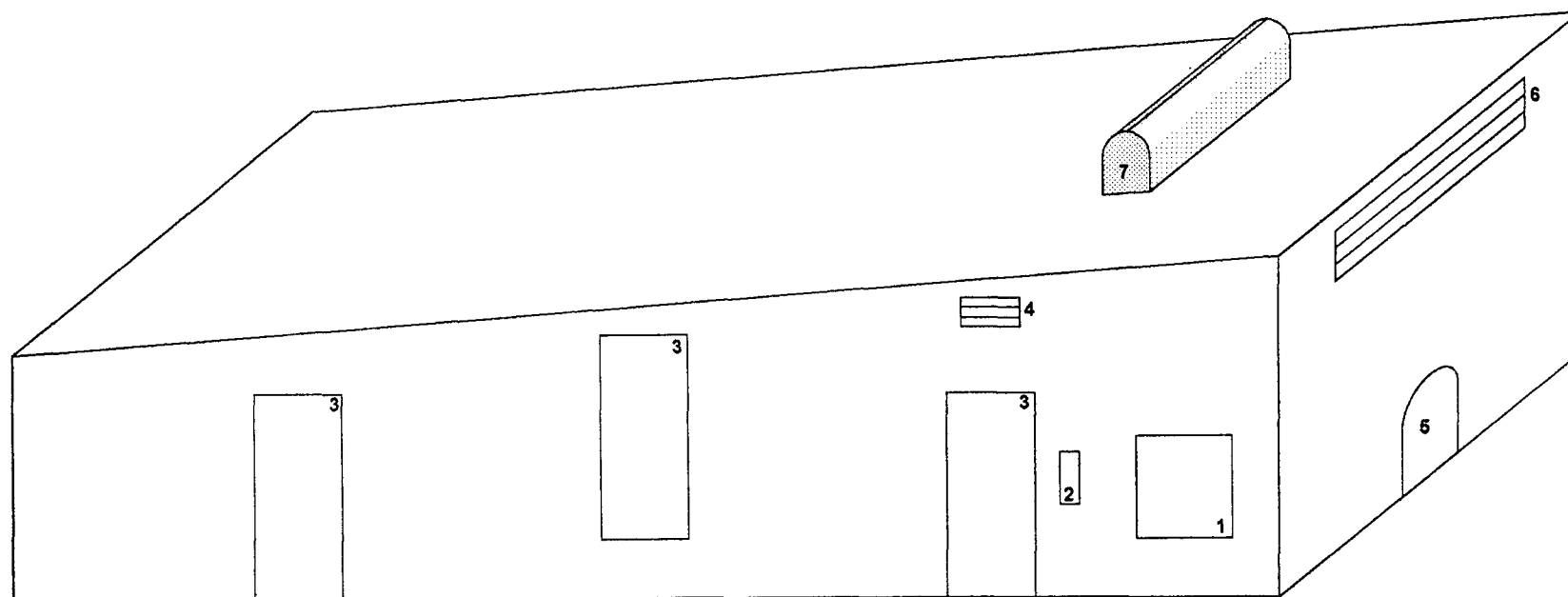
## ANEXO 7 – Curva padrão de secagem de grãos e sementes.

**Curva padrão de secagem**

- A - B período de aquecimento das sementes
- B - C velocidade constante de secagem: evaporação
- C - D perda menor de umidade: secagem da superfície insaturada da semente
- D - E secagem lenta: transferência da umidade interna para a superfície externa

FONTE: Adaptado de Hall (1957).

ANEXO 8.1 - Vista externa da câmara de secagem do modelo de secador de camada fixa ou de secagem estacionária do tipo estufa, adaptado de Souza Cruz®. Curitiba, PR. 2005



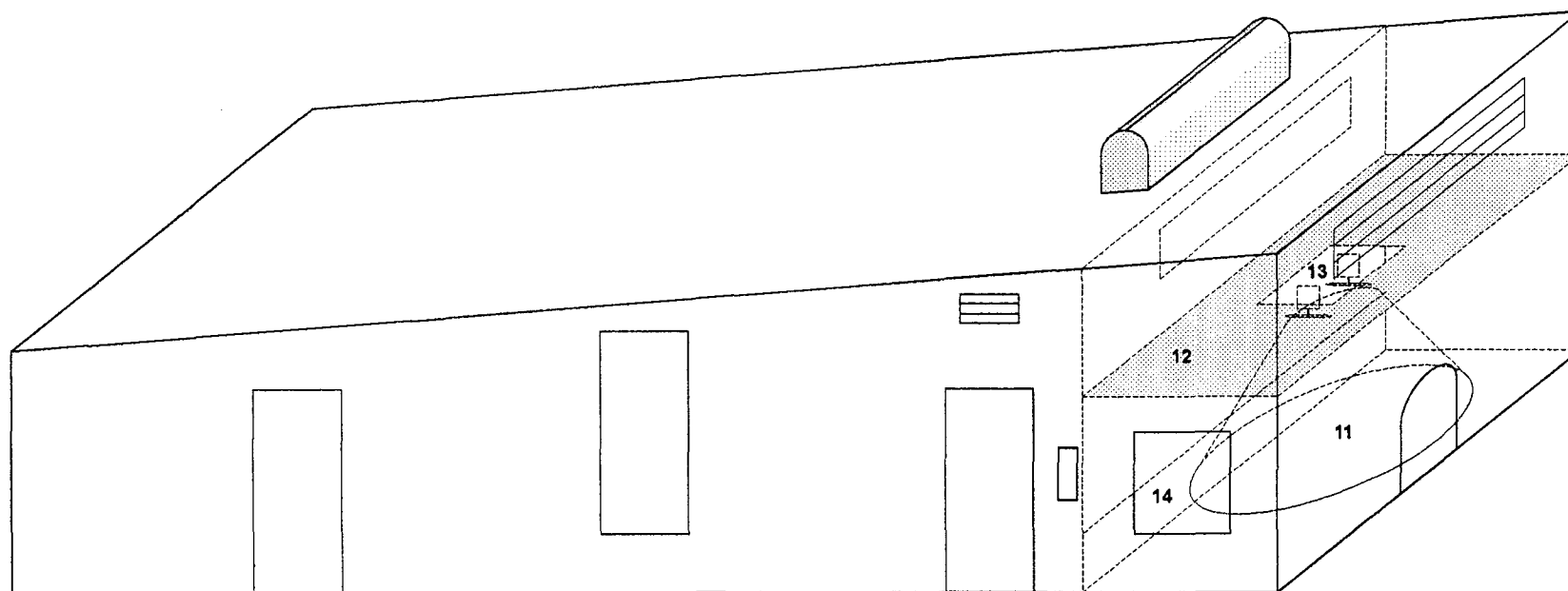
#### LEGENDA

- 1 - Porta Trocador de Calor
- 2 - Termostato Digital
- 3 - Portas Carga/Descarga
- 4 - Flap Saída Ar Quente
- 5 - Porta Fornalha
- 6 - Flap Entrada Ar Frio
- 7 - Exaustor

ESCALA 1:75



ANEXO 8.2 - Vista interna da fonte de calor do modelo de secador de camada fixa ou de secagem estacionária do tipo estufa, adaptado de Souza Cruz®. Curitiba, PR. 2005

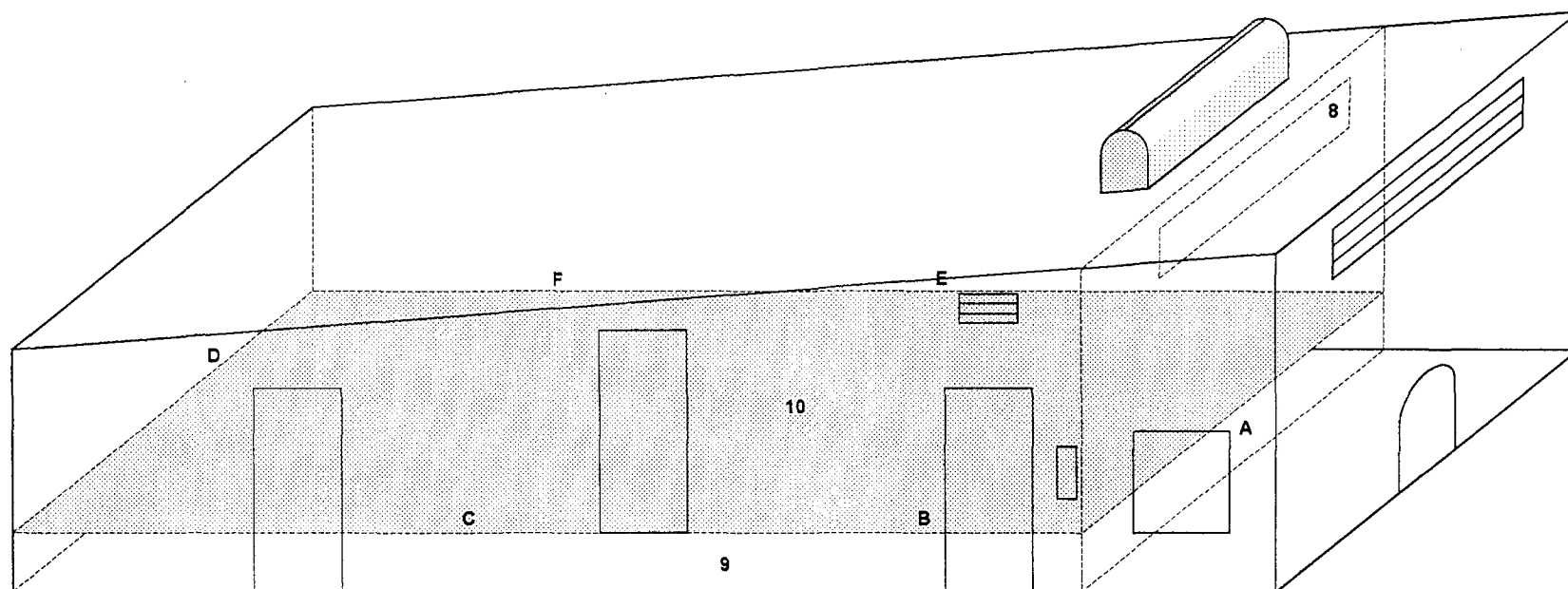


#### LEGENDA

- 11 - Trocador de Calor
- 12 - Suporte Ventiladores
- 13 - Ventiladores Axiais
- 14 - Entrada Plenum

ESCALA 1:75

ANEXO 8.3 - Vista interna da câmara de secagem do modelo de secador de camada fixa ou de secagem estacionária do tipo estufa, adaptado de Souza Cruz®. Curitiba, PR. 2005

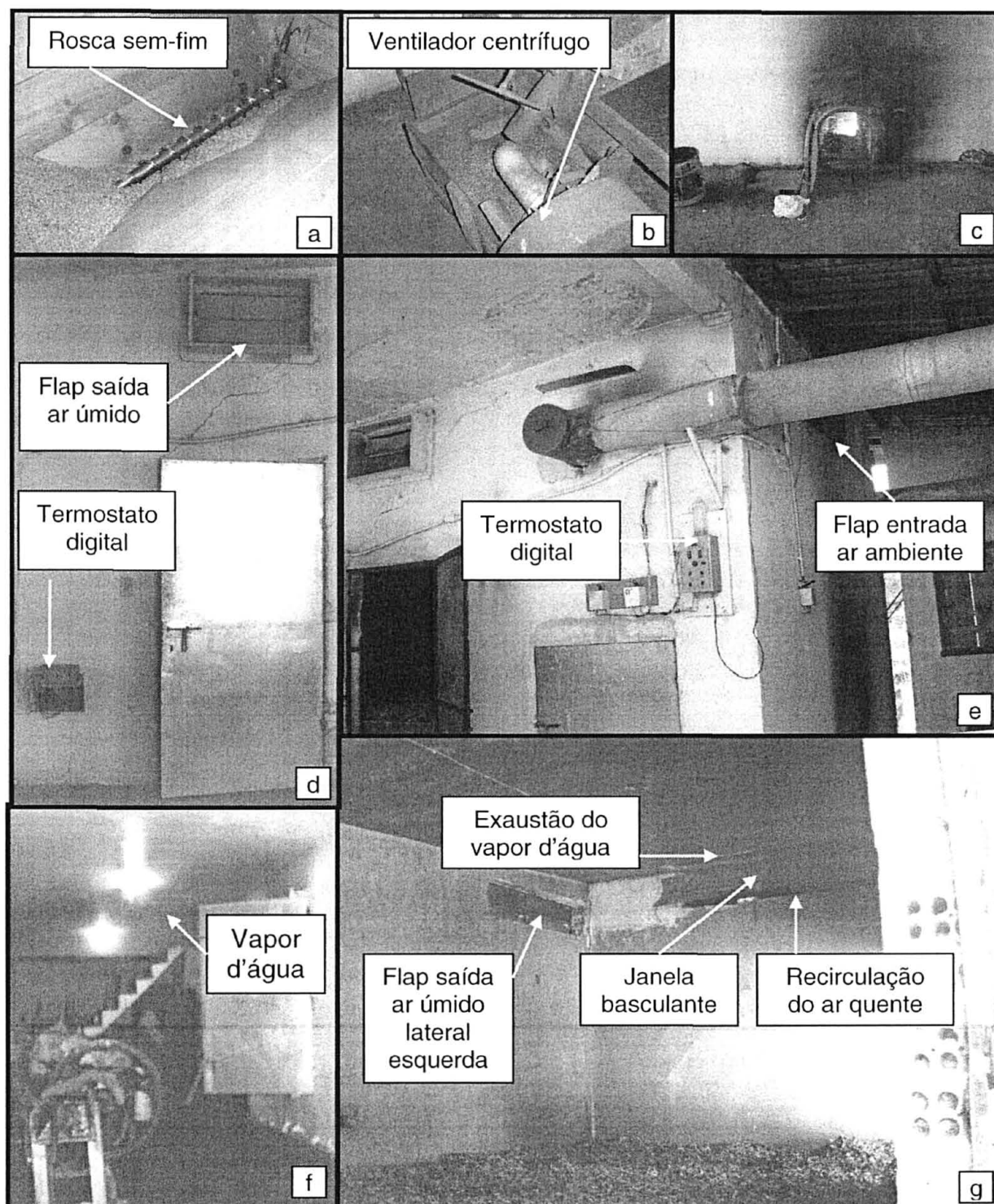


#### LEGENDA

- 8 - Janela Recirculação Ar
- 9 - Plenum
- 10 - Chapa Metálica Perfurada
- A - Bulbo Seco / Bulbo Úmido
- B, C, D, E e F - Sensores de Temperatura do Ar

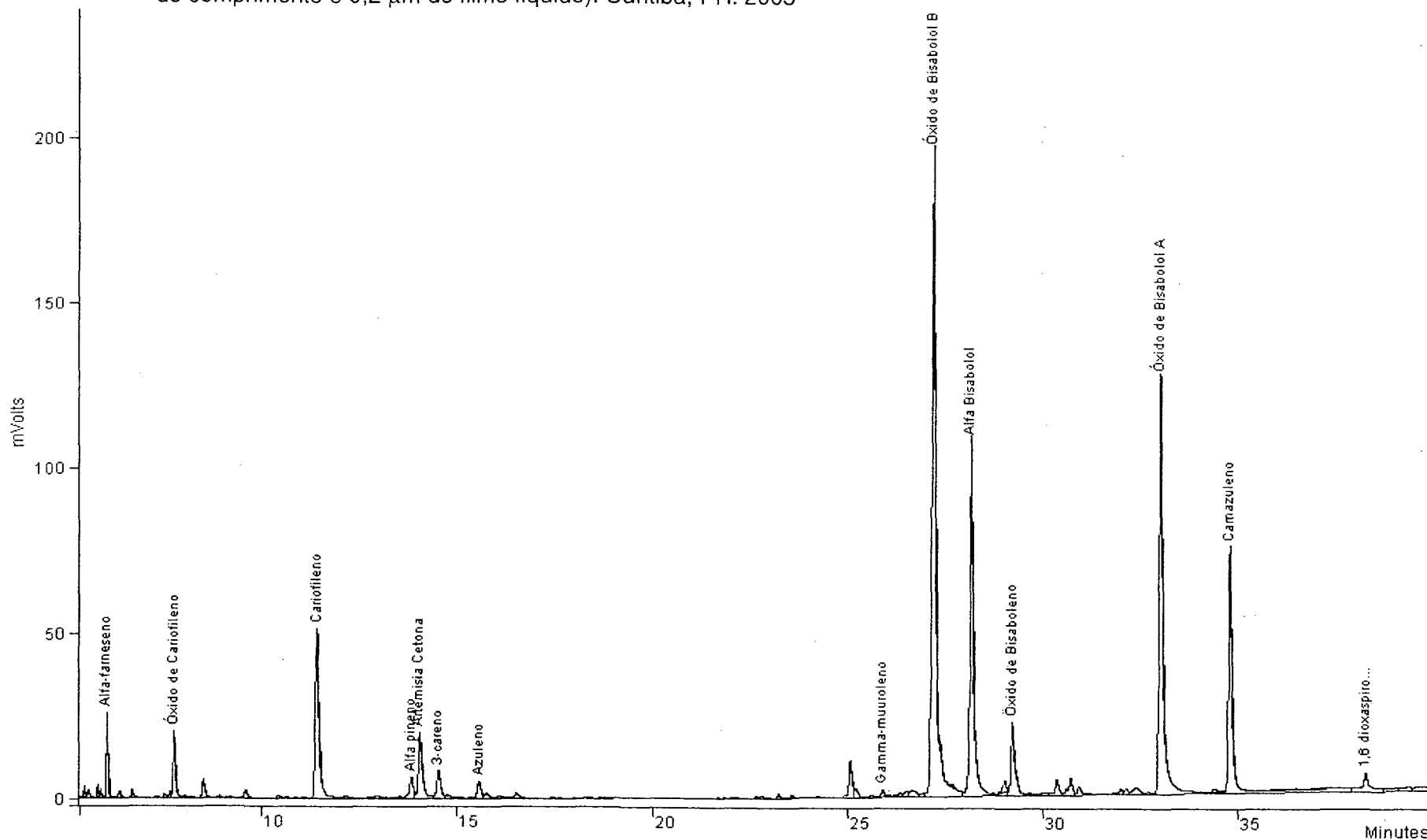
ESCALA 1:75

ANEXO 8.4 – Imagens externas e internas do modelo de secador de camada fixa ou secagem estacionária, do tipo estufa, adaptado de Souza Cruz®. Campo Largo, PR. 2005

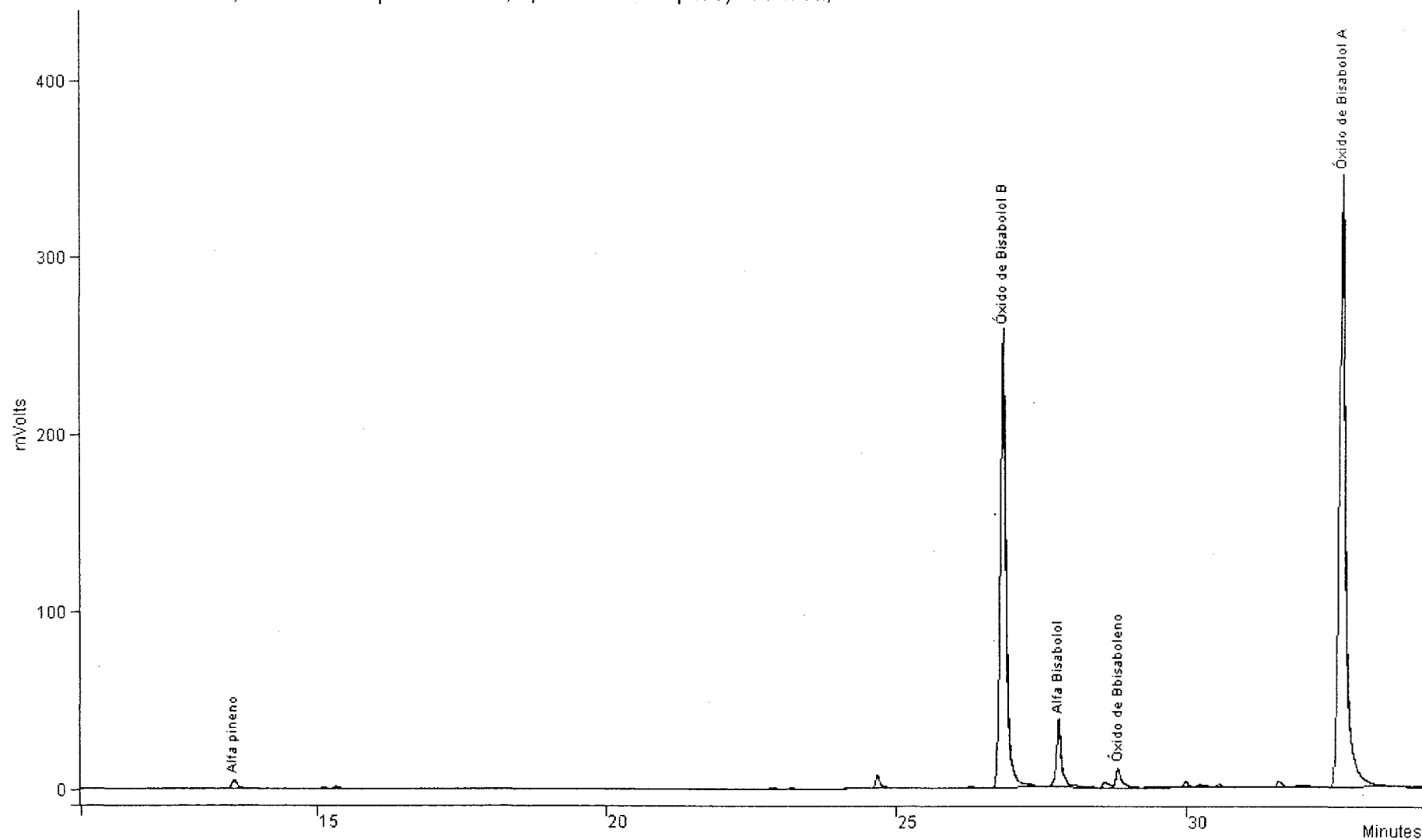


a – caixa para serragem; b – sistema de sucção de serragem e transporte para dentro da fornalha; c – fornalha; d – porta lateral do secador para carga/descarga; e – termostato digital acoplado à sensores de bulbo seco e bulbo úmido e ao flap de entrada de ar ambiente; f – visualização do excesso de vapor d'água saindo pelas portas do secador; g – vista interna da câmara de secagem.

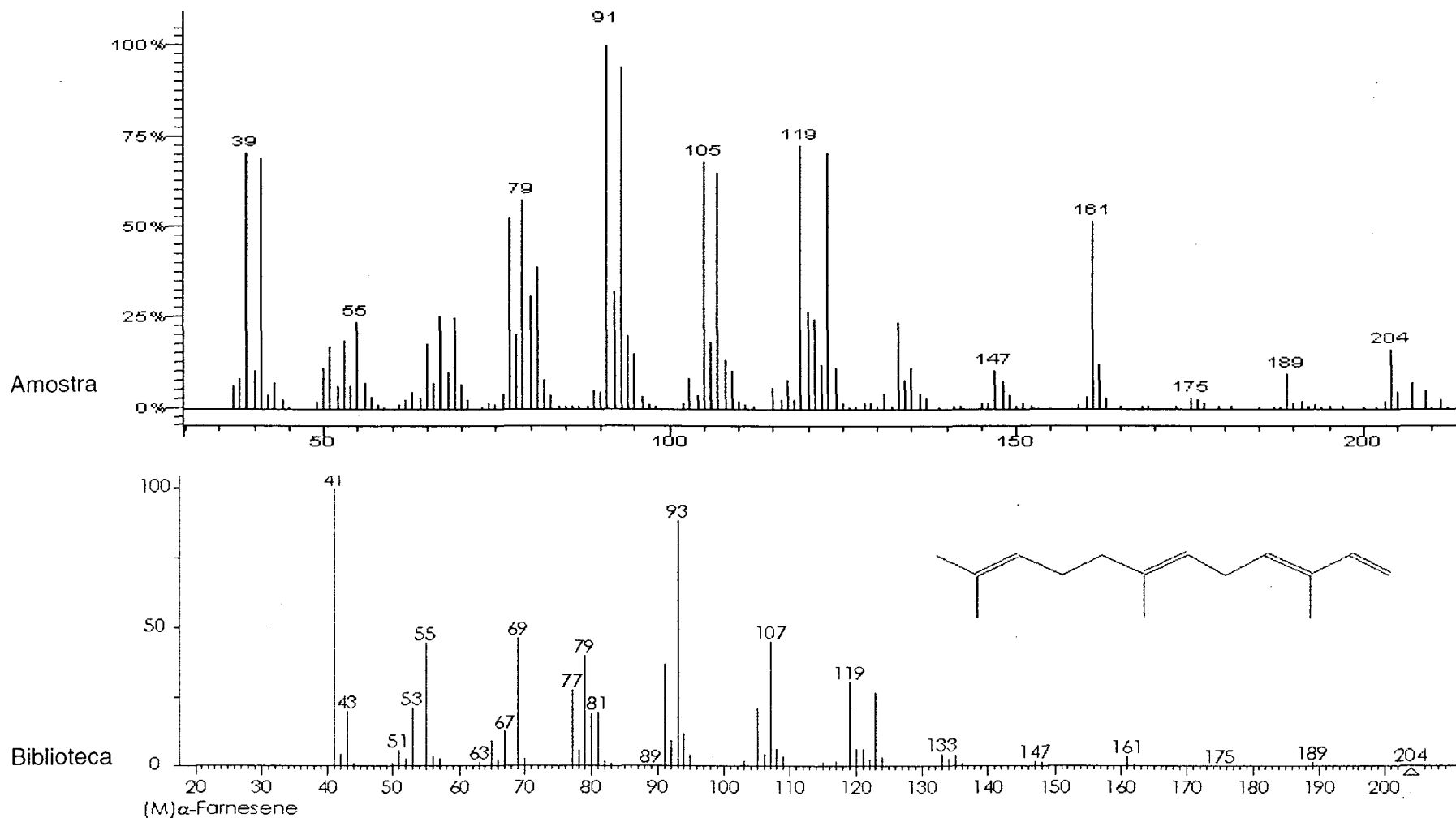
ANEXO 9.1 – Cromatograma do óleo essencial, extraído a partir de capítulos florais de camomila submetida à secagem em camada fixa, obtido por meio de cromatografia gasosa, utilizando equipamento Varian, modelo CP 3800, com detector de ionização de chama (CG-FID), com coluna capilar Chrompack de sílica fundida (CP-SIL 88 for FAME, 0,25mm de diâmetro interno, 50 m de comprimento e 0,2 µm de filme líquido). Curitiba, PR. 2005



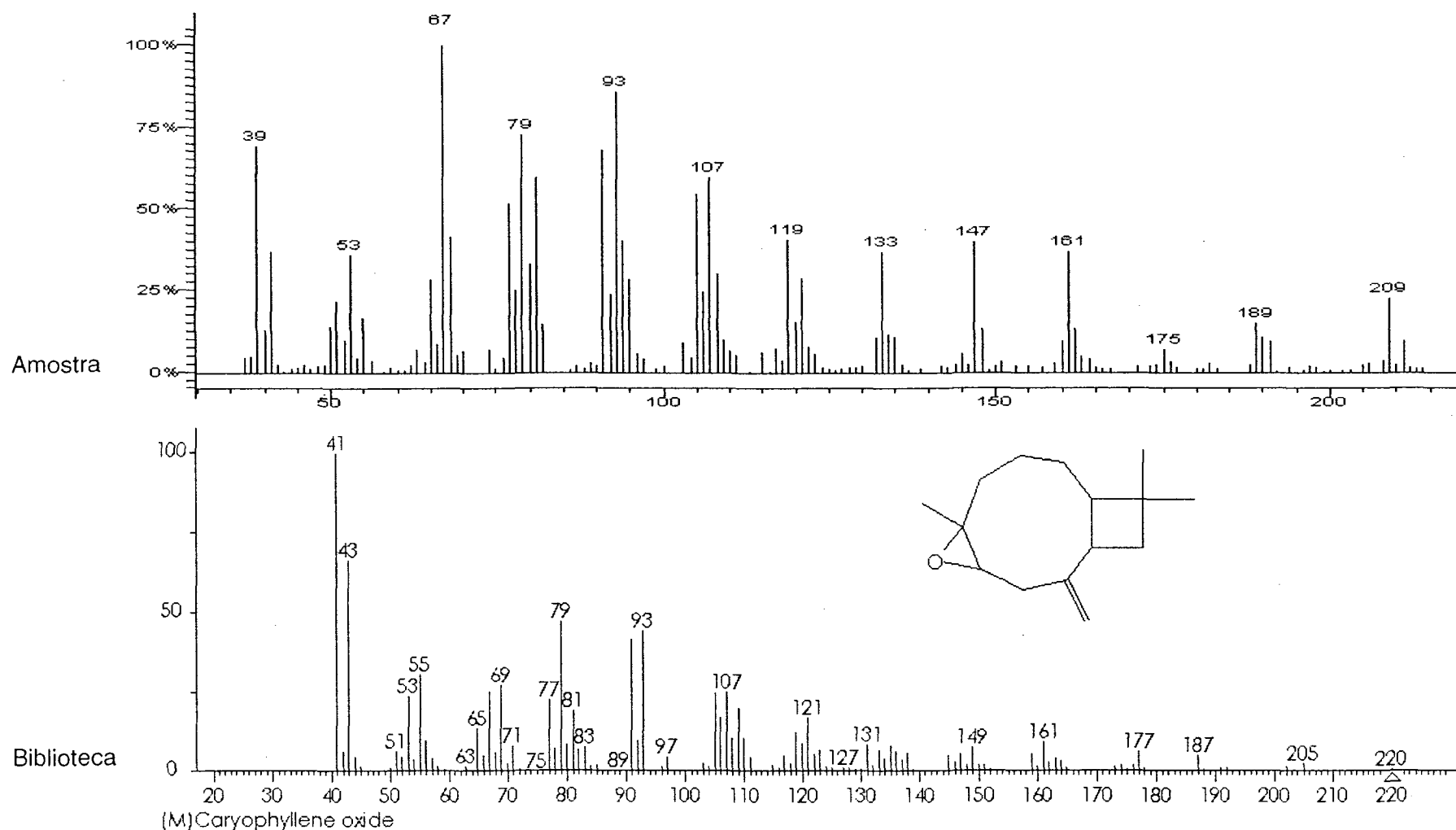
ANEXO 9.2 – Cromatograma do óleo essencial, extraído a partir da água recuperada em processo paralelo à secagem de camomila em camada fixa, obtido por meio de cromatografia gasosa, utilizando equipamento Varian, modelo CP 3800, com detector de ionização de chama (CG-FID), com coluna capilar Chrompack de sílica fundida (CP-SIL 88 for FAME, 0,25mm de diâmetro interno, 50 m de comprimento e 0,2  $\mu$ m de filme líquido). Curitiba, PR. 2005



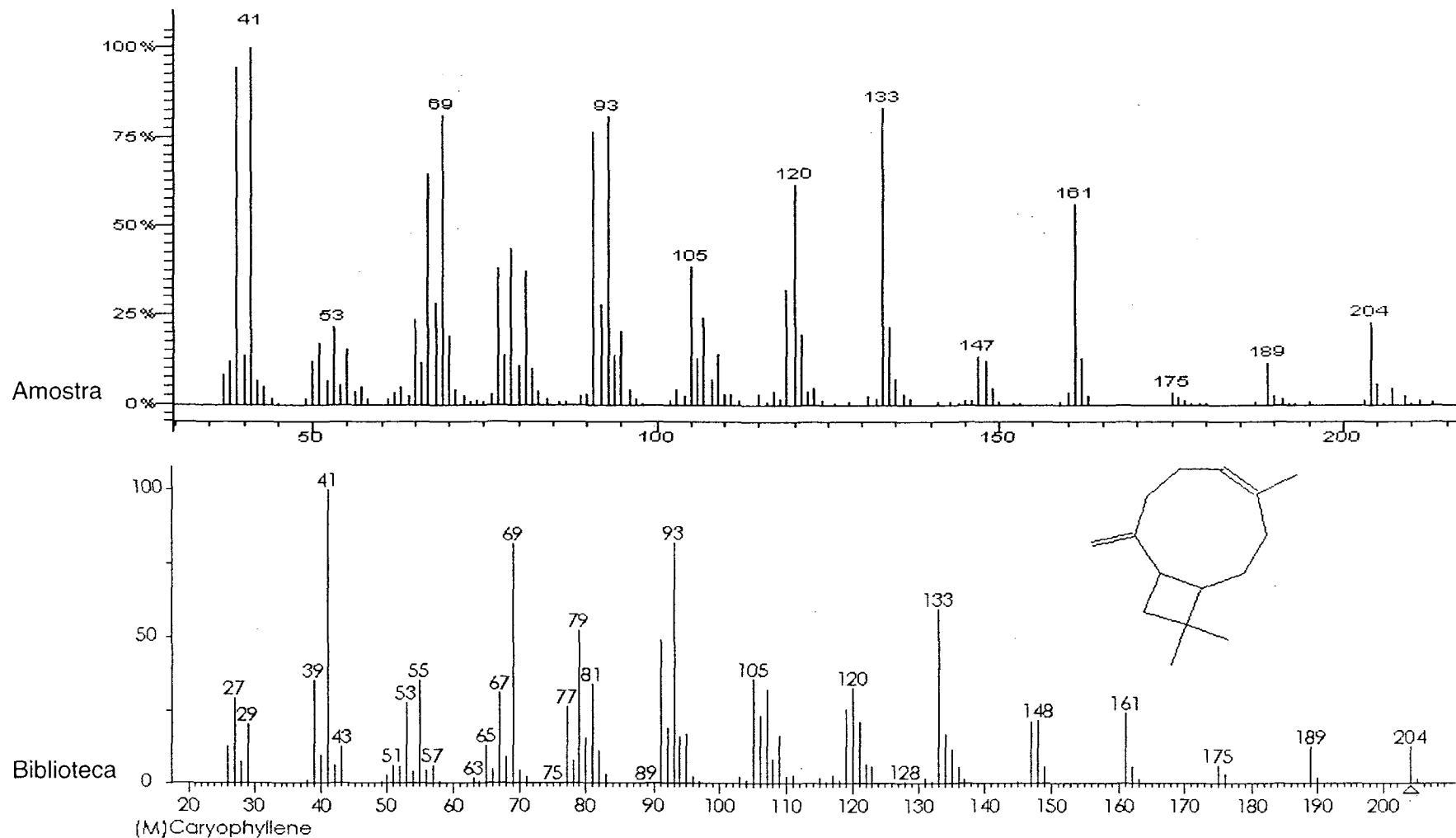
ANEXO 9.3 – Espectro de massa do alfa-farneseno, componente do óleo essencial da camomila extraído tanto a partir de capítulos florais quanto da água recuperada em processo paralelo à secagem em camada fixa, obtido por meio de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa, utilizando equipamento Varian GC-MS, modelo CP 3800/Saturn 2000, com ion trap, com coluna capilar Chrompack de sílica fundida (CP-SIL PONA CB, 0,25 mm de diâmetro interno, 100 m de comprimento e 0,5 µm de filme líquido). Curitiba, PR. 2005



ANEXO 9.4 - Espectro de massa do óxido de cariofileno, componente do óleo essencial da camomila extraído tanto a partir de capítulos florais quanto da água recuperada em processo paralelo à secagem em camada fixa, obtido por meio de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa, utilizando equipamento Varian GC-MS, modelo CP 3800/Saturn 2000, com ion trap, com coluna capilar Chrompack de sílica fundida (CP-SIL PONA CB, 0,25 mm de diâmetro interno, 100 m de comprimento e 0,5 µm de filme líquido). Curitiba, PR. 2005

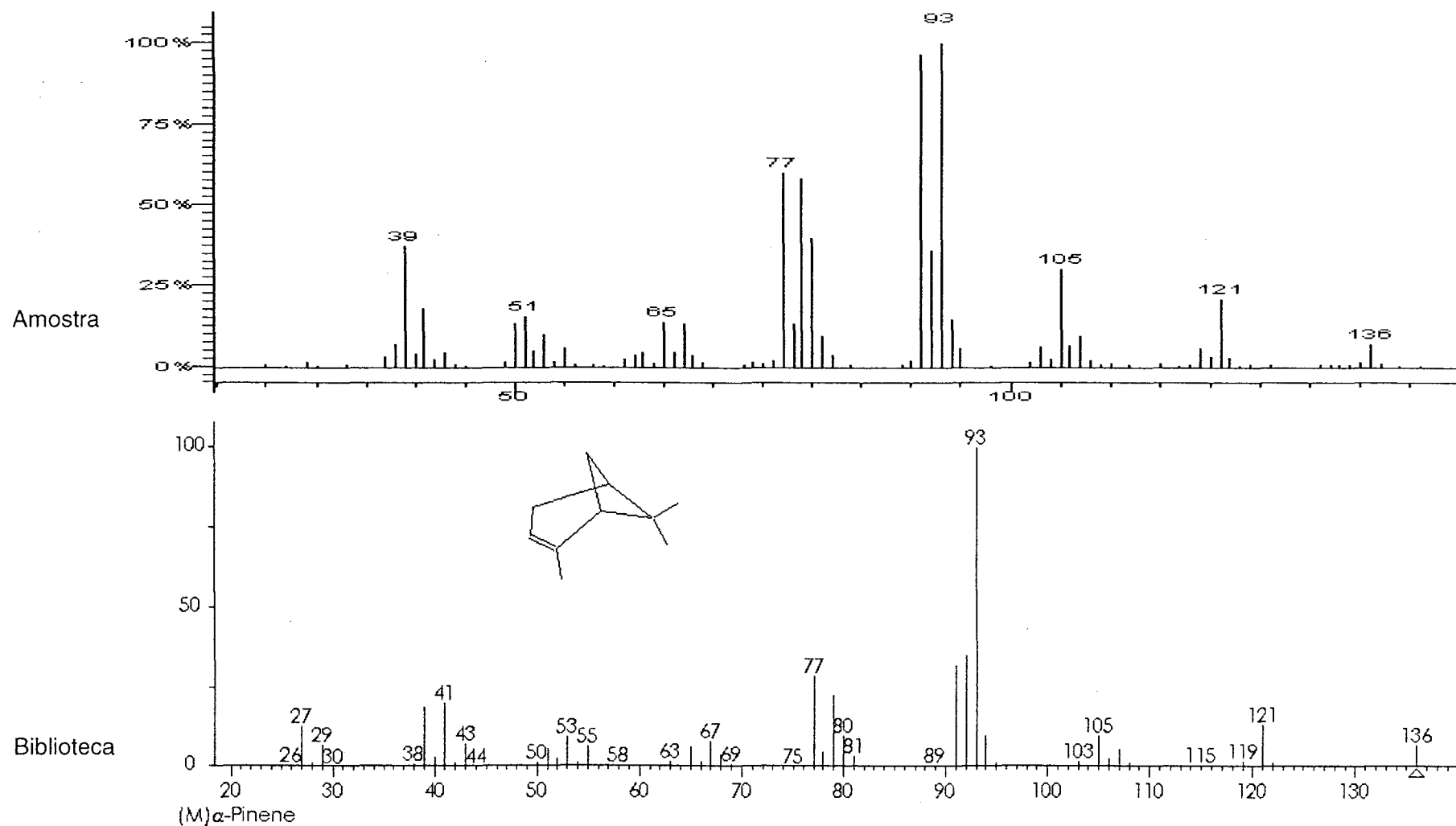


ANEXO 9.5 – Espectro de massa do cariofileno, componente do óleo essencial da camomila extraído tanto a partir de capítulos florais quanto da água recuperada em processo paralelo à secagem em camada fixa, obtido por meio de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa, utilizando equipamento Varian GC-MS, modelo CP 3800/Saturn 2000, com íon trap, com coluna capilar Chrompack de sílica fundida (CP-SIL PONA CB, 0,25 mm de diâmetro interno, 100 m de comprimento e 0,5 µm de filme líquido). Curitiba, PR. 2005

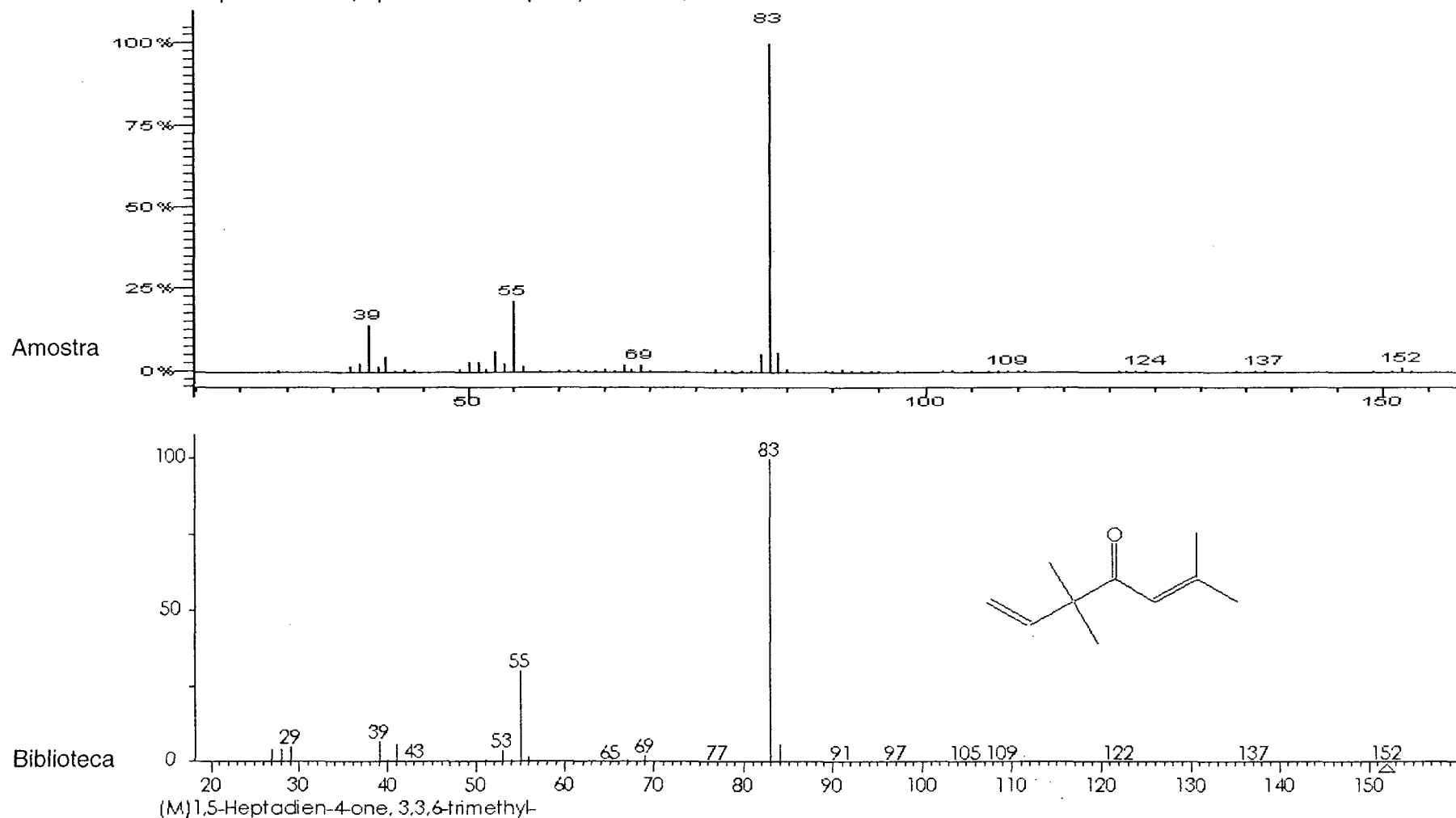




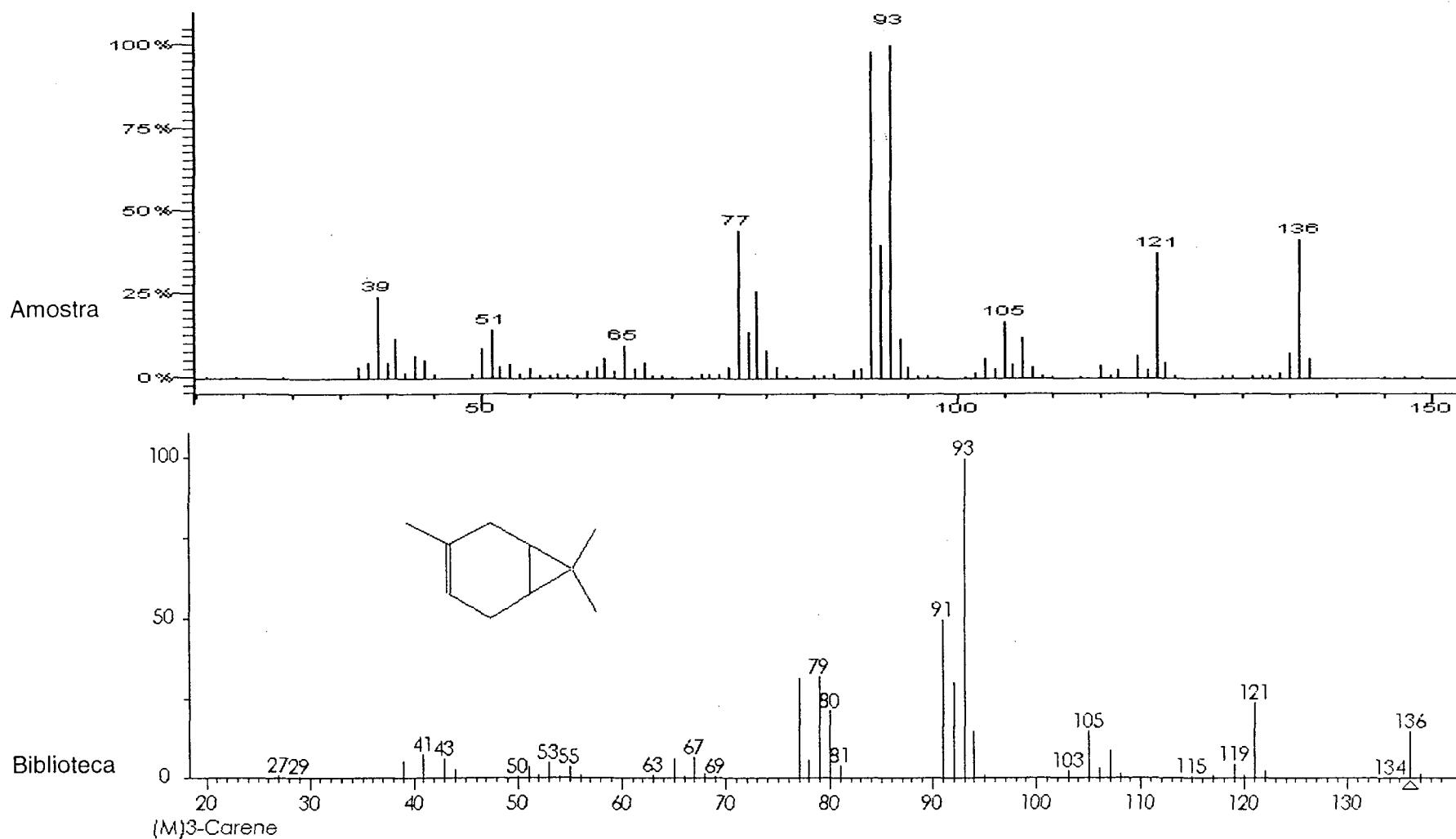
ANEXO 9.6 - Espectro de massa do alfa-pineno, componente do óleo essencial da camomila extraído tanto a partir de capítulos florais quanto da água recuperada em processo paralelo à secagem em camada fixa, obtido por meio de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa, utilizando equipamento Varian GC-MS, modelo CP 3800/Saturn 2000, com íon trap, com coluna capilar Chrompack de sílica fundida (CP-SIL PONA CB, 0,25 mm de diâmetro interno, 100 m de comprimento e 0,5 µm de filme líquido). Curitiba, PR. 2005



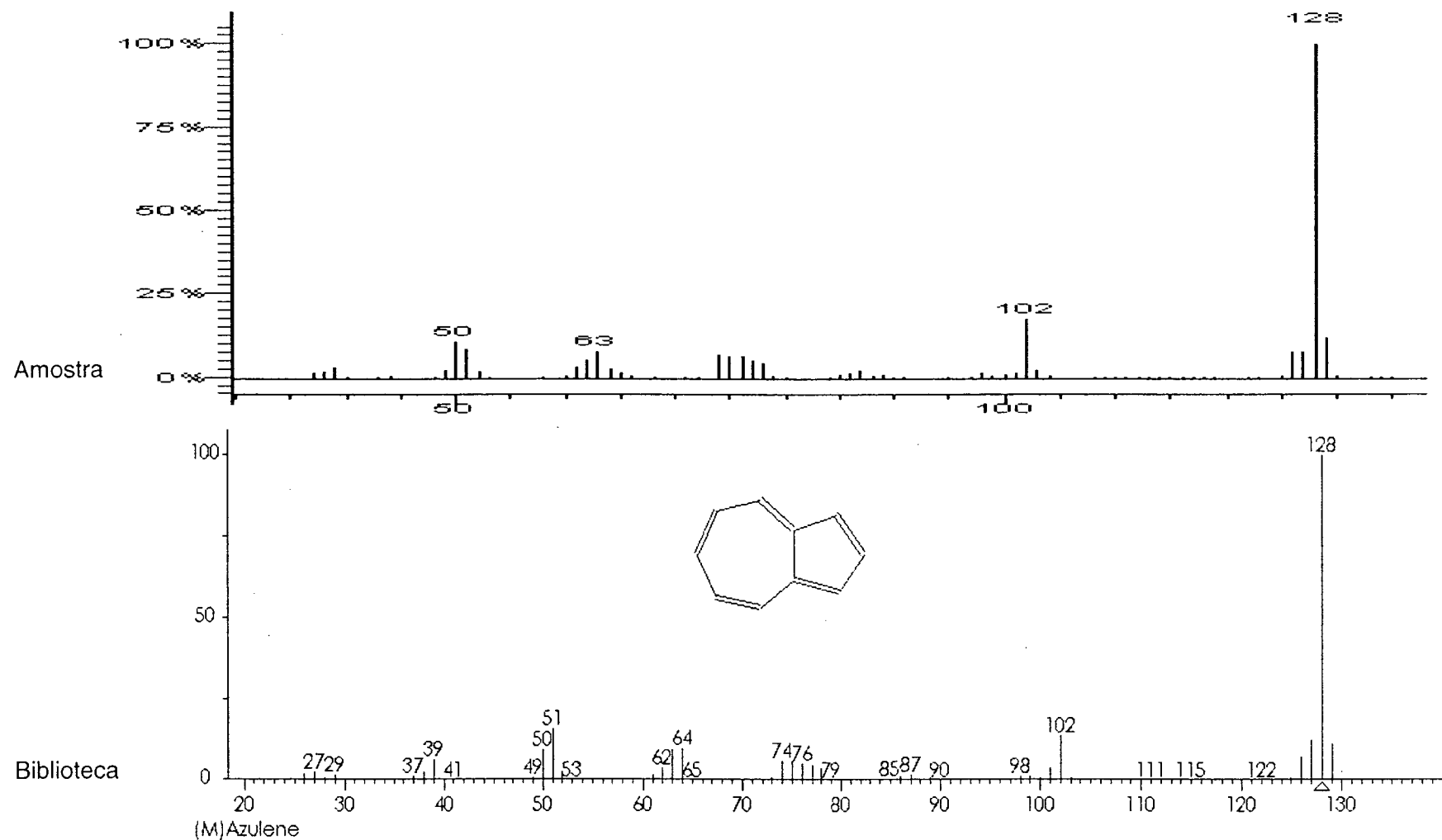
ANEXO 9.7 – Espectro de massa do artemísia cetona, componente do óleo essencial da camomila extraído tanto a partir de capítulos florais quanto da água recuperada em processo paralelo à secagem em camada fixa, obtido por meio de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa, utilizando equipamento Varian GC-MS, modelo CP 3800/Saturn 2000, com ion trap, com coluna capilar Chrompack de sílica fundida (CP-SIL PONA CB, 0,25 mm de diâmetro interno, 100 m de comprimento e 0,5 µm de filme líquido). Curitiba, PR. 2005



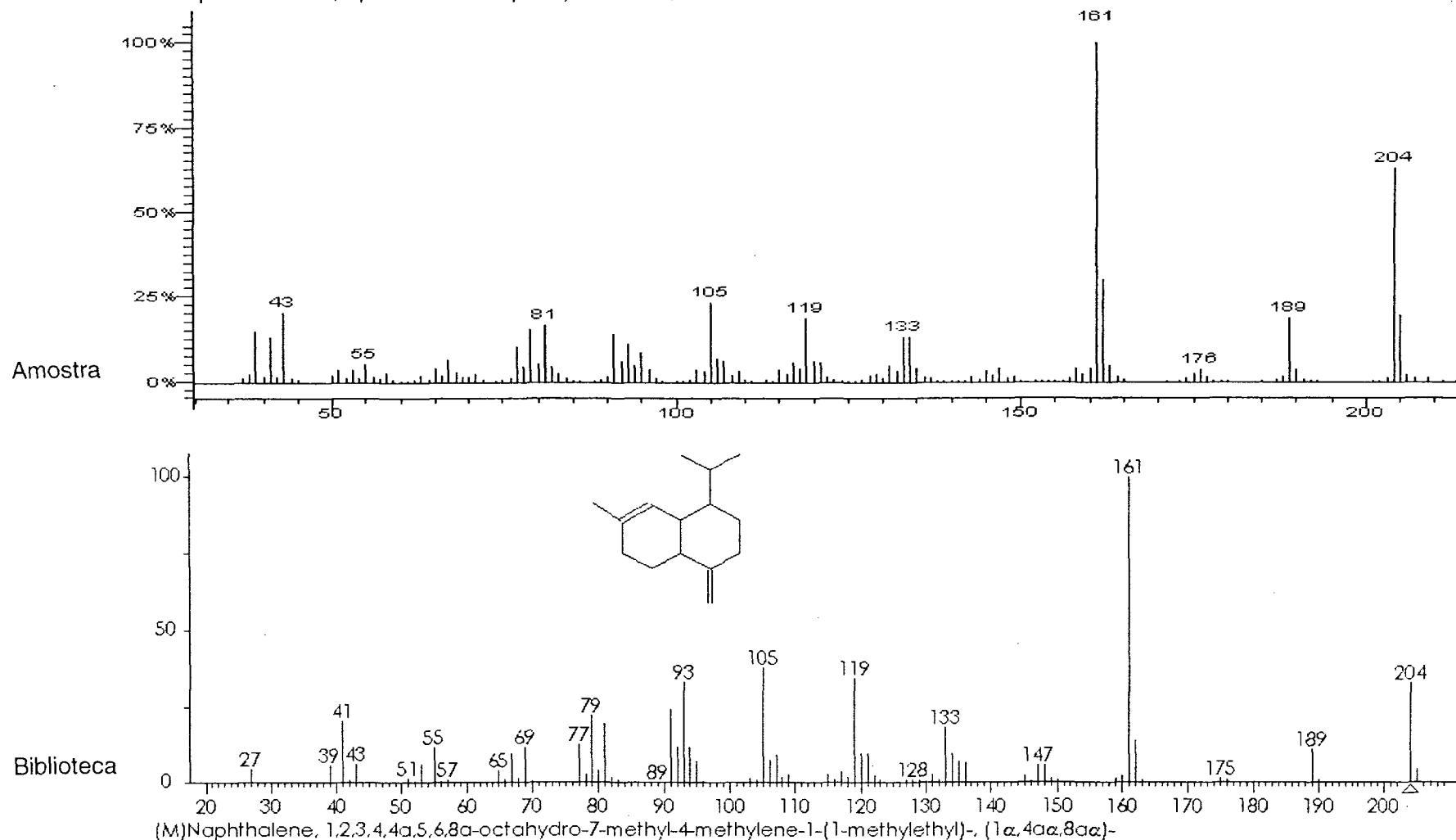
ANEXO 9.8 - Espectro de massa do 3-careno, componente do óleo essencial da camomila extraído tanto a partir de capítulos florais quanto da água recuperada em processo paralelo à secagem em camada fixa, obtido por meio de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa, utilizando equipamento Varian GC-MS, modelo CP 3800/Saturn 2000, com íon trap, com coluna capilar Chrompack de sílica fundida (CP-SIL PONA CB, 0,25 mm de diâmetro interno, 100 m de comprimento e 0,5 µm de filme líquido). Curitiba, PR. 2005



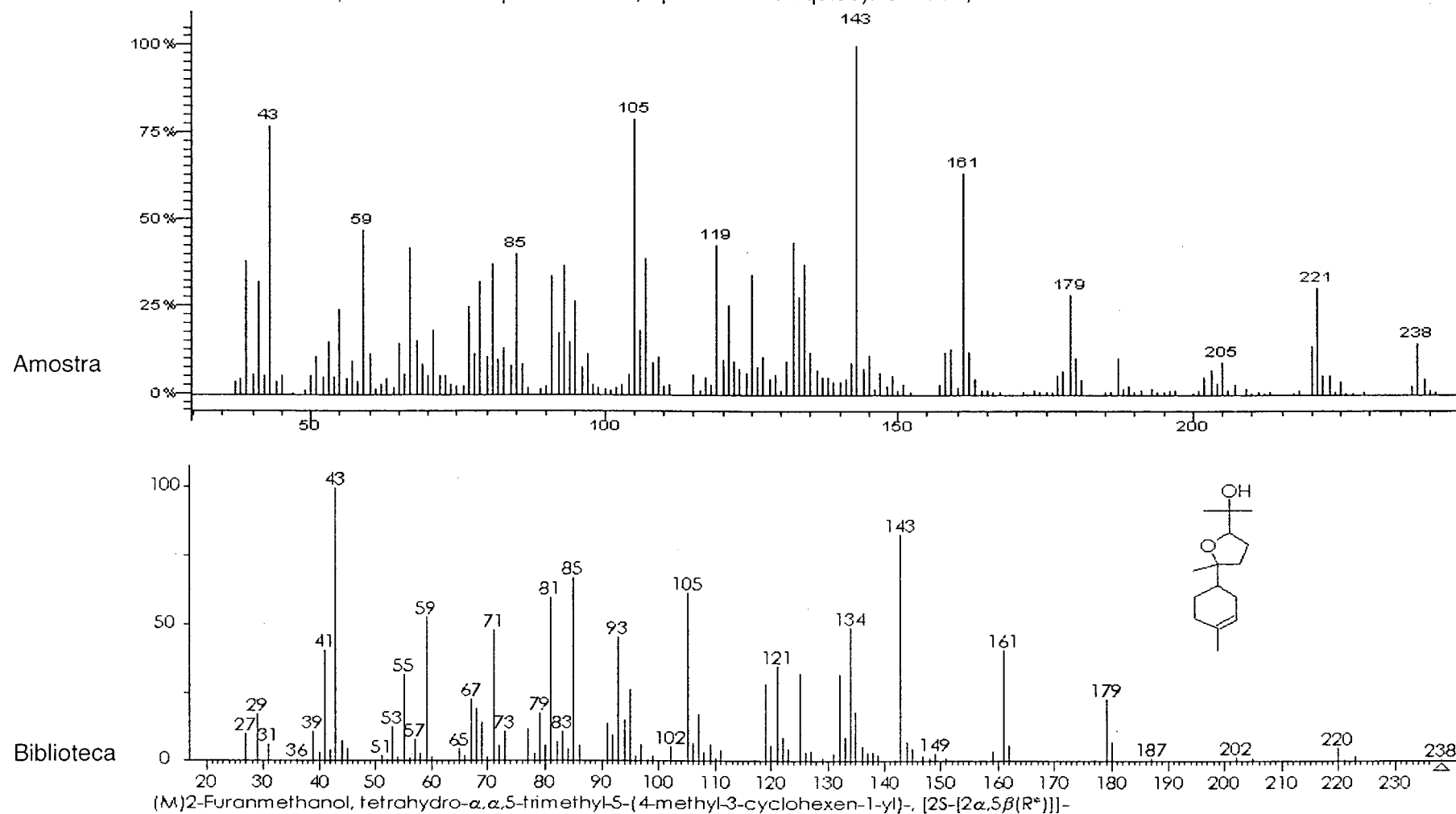
ANEXO 9.9 - Espectro de massa do azuleno, componente do óleo essencial da camomila extraído tanto a partir de capítulos florais quanto da água recuperada em processo paralelo à secagem em camada fixa, obtido por meio de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa, utilizando equipamento Varian GC-MS, modelo CP 3800/Saturn 2000, com íon trap, com coluna capilar Chrompack de sílica fundida (CP-SIL PONA CB, 0,25 mm de diâmetro interno, 100 m de comprimento e 0,5 µm de filme líquido). Curitiba, PR. 2005



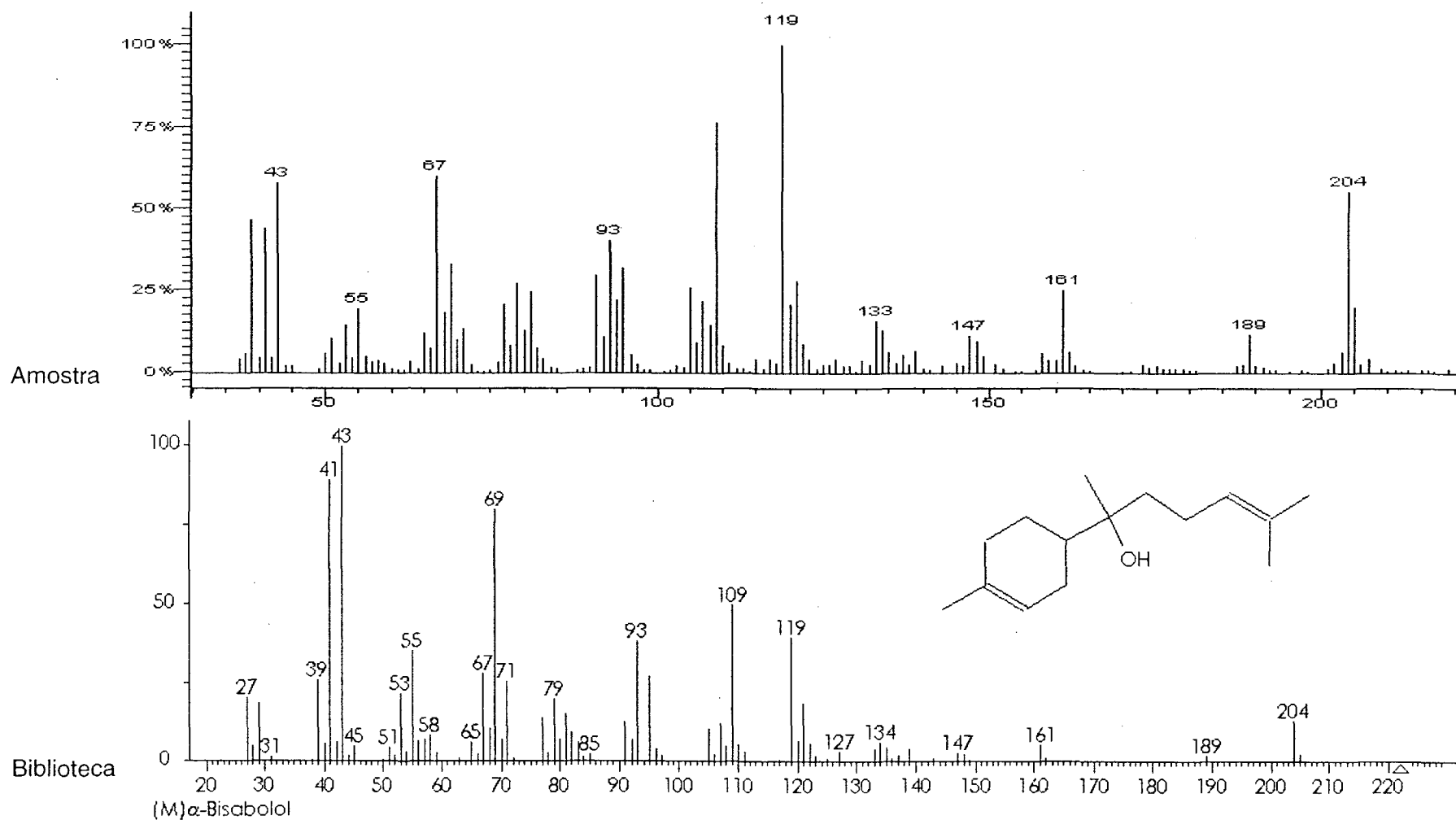
ANEXO 9.10 - Espectro de massa do gama-muuroleno, componente do óleo essencial da camomila extraído tanto a partir de capítulos florais quanto da água recuperada em processo paralelo à secagem em camada fixa, obtido por meio de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa, utilizando equipamento Varian GC-MS, modelo CP 3800/Saturn 2000, com ion trap, com coluna capilar Chrompack de sílica fundida (CP-SIL PONA CB, 0,25 mm de diâmetro interno, 100 m de comprimento e 0,5 µm de filme líquido). Curitiba, PR. 2005



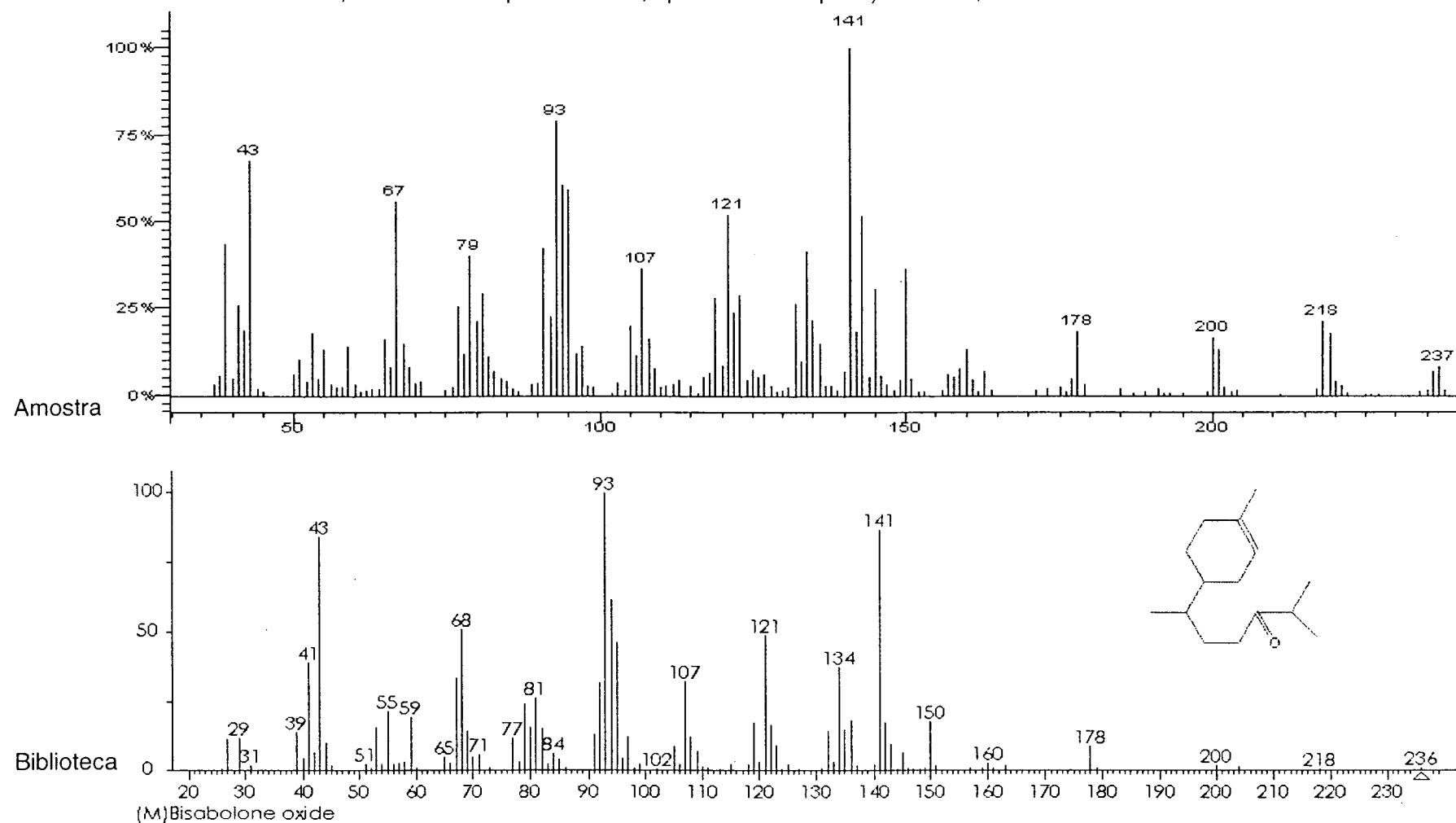
ANEXO 9.11 - Espectro de massa do óxido de bisabolol B, componente do óleo essencial da camomila extraído tanto a partir de capítulos florais quanto da água recuperada em processo paralelo à secagem em camada fixa, obtido por meio de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa, utilizando equipamento Varian GC-MS, modelo CP 3800/Saturn 2000, com íon trap, com coluna capilar Chrompack de sílica fundida (CP-SIL PONA CB, 0,25 mm de diâmetro interno, 100 m de comprimento e 0,5 µm de filme líquido). Curitiba, PR. 2005



ANEXO 9.12 - Espectro de massa do alfa-bisabolol, componente do óleo essencial da camomila extraído tanto a partir de capítulos florais quanto da água recuperada em processo paralelo à secagem em camada fixa, obtido por meio de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa, utilizando equipamento Varian GC-MS, modelo CP 3800/Saturn 2000, com ion trap, com coluna capilar Chrompack de sílica fundida (CP-SIL PONA CB, 0,25 mm de diâmetro interno, 100 m de comprimento e 0,5 µm de filme líquido). Curitiba, PR. 2005

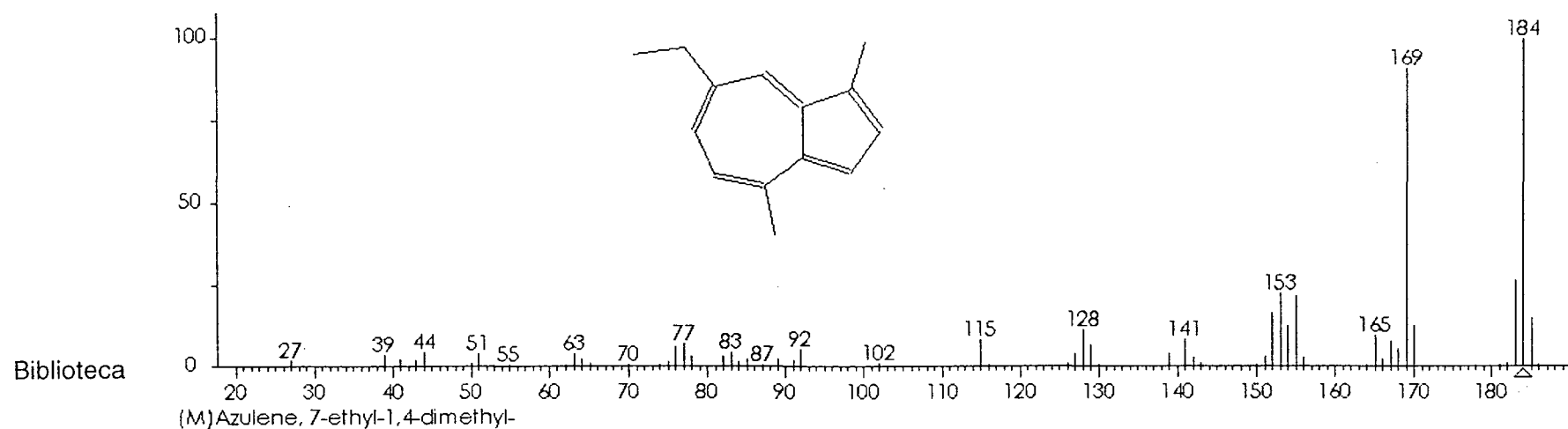
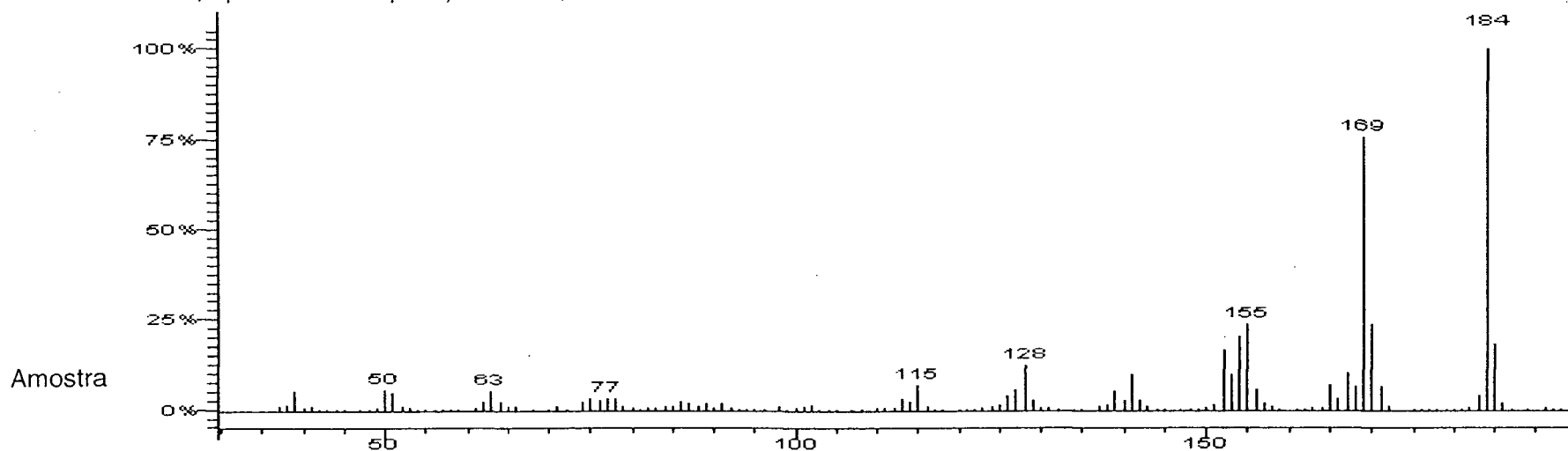


ANEXO 9.13 - Espectro de massa do óxido de bisaboleno, componente do óleo essencial da camomila extraído tanto a partir de capítulos florais quanto da água recuperada em processo paralelo à secagem em camada fixa, obtido por meio de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa, utilizando equipamento Varian GC-MS, modelo CP 3800/Saturn 2000, com íon trap, com coluna capilar Chrompack de sílica fundida (CP-SIL PONA CB, 0,25 mm de diâmetro interno, 100 m de comprimento e 0,5 µm de filme líquido). Curitiba, PR. 2005

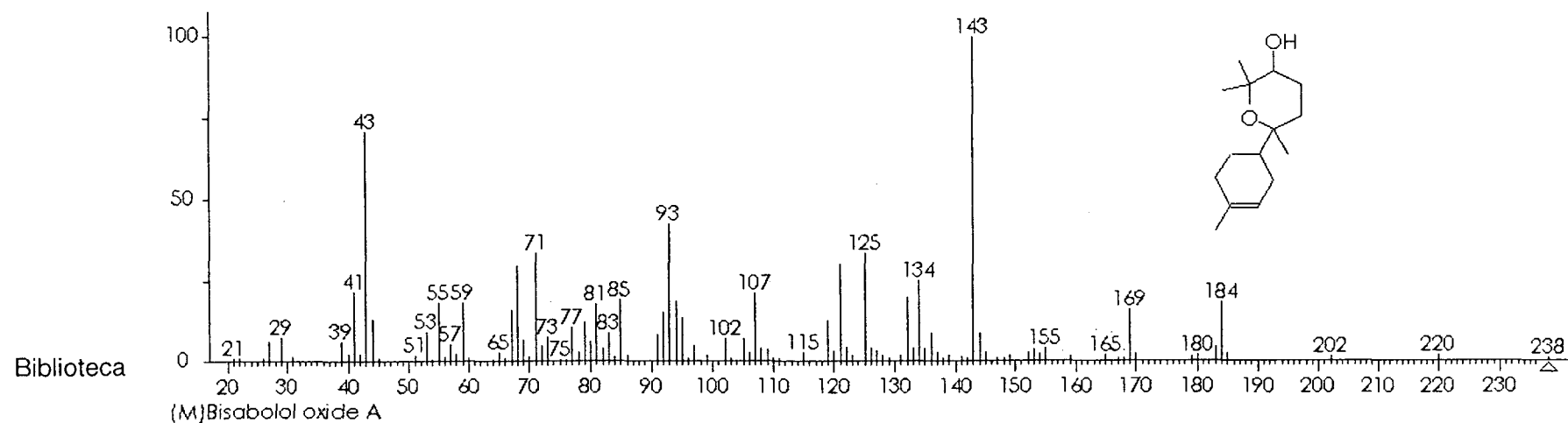
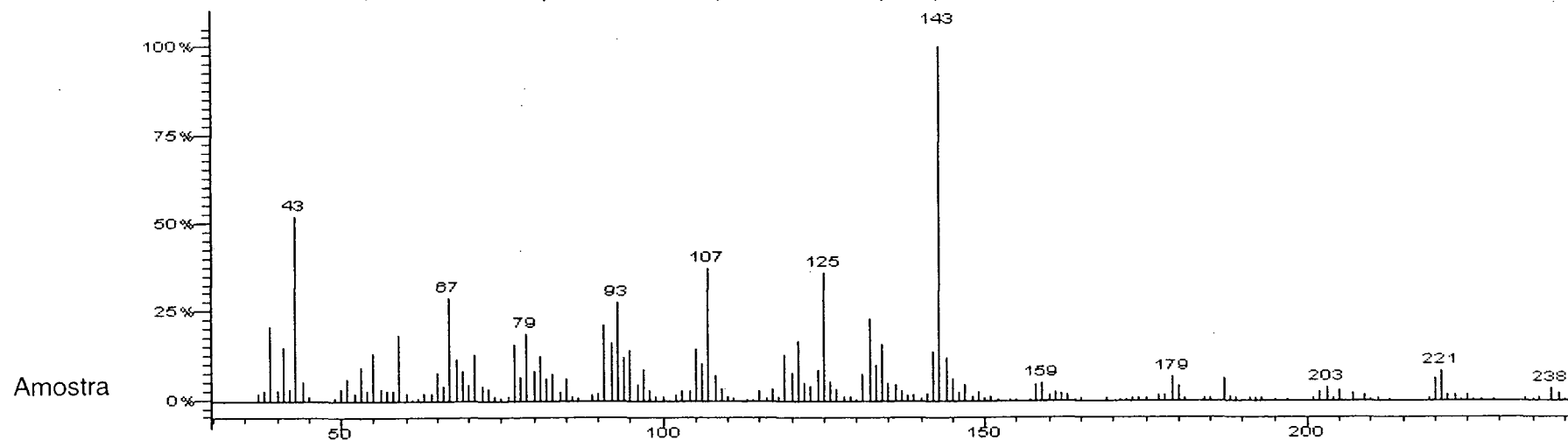




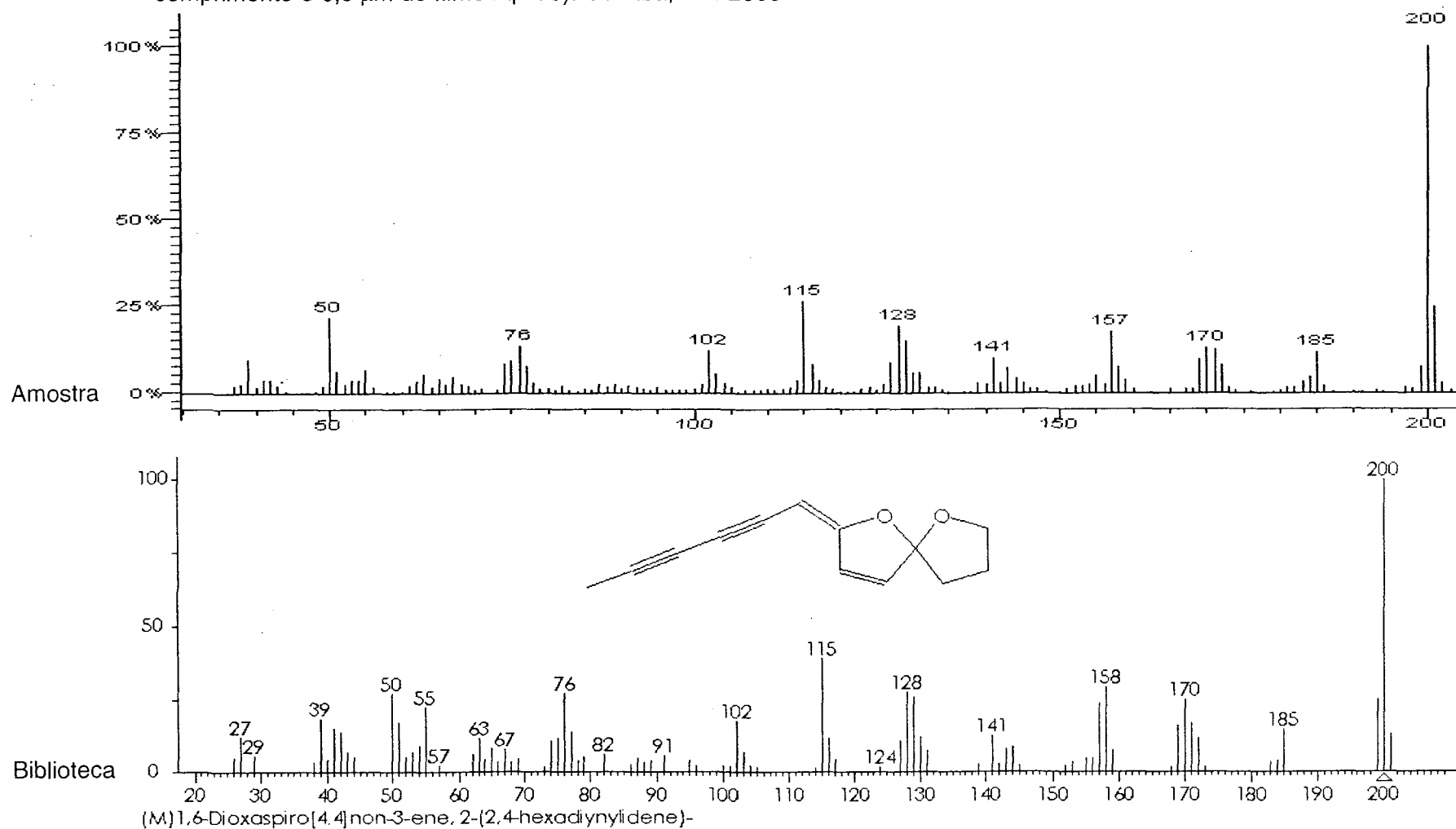
ANEXO 9.14 - Espectro de massa do camazuleno, componente do óleo essencial da camomila extraído tanto a partir de capítulos florais quanto da água recuperada em processo paralelo à secagem em camada fixa, obtido por meio de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa, utilizando equipamento Varian GC-MS, modelo CP 3800/Saturn 2000, com íon trap, com coluna capilar Chrompack de sílica fundida (CP-SIL PONA CB, 0,25 mm de diâmetro interno, 100 m de comprimento e 0,5 µm de filme líquido). Curitiba, PR. 2005



ANEXO 9.15 - Espectro de massa do óxido de bisabolol A, componente do óleo essencial da camomila extraído tanto a partir de capítulos florais quanto da água recuperada em processo paralelo à secagem em camada fixa, obtido por meio de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa, utilizando equipamento Varian GC-MS, modelo CP 3800/Saturn 2000, com íon trap, com coluna capilar Chrompack de sílica fundida (CP-SIL PONA CB, 0,25 mm de diâmetro interno, 100 m de comprimento e 0,5 µm de filme líquido). Curitiba, PR. 2005



ANEXO 9.16 - Espectro de massa do 1,6-dioxaspiro..., componente do óleo essencial da camomila extraído tanto a partir de capítulos florais quanto da água recuperada em processo paralelo à secagem em camada fixa, obtido por meio de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa, utilizando equipamento Varian GC-MS, modelo CP 3800/Saturn 2000, com íon trap, com coluna capilar Chrompack de sílica fundida (CP-SIL PONA CB, 0,25 mm de diâmetro interno, 100 m de comprimento e 0,5 µm de filme líquido). Curitiba, PR. 2005



ANEXO 10 – Resumo não publicado: método de esterilização para a detecção da podridão parda (*monilinia fructicola*) latente na cultura do pêssego. Curitiba, 2004

ALVES, G.<sup>1</sup>; MAY DE MIO, L. L.<sup>2</sup>; CUQUEL, F. L.<sup>3</sup>

A podridão-parda, causada pelo fungo *Monilinia fructicola*, é uma das mais importantes doenças de pós-colheita do pêssego. Frutos machucados, contaminados por esporos de *M. fructicola*, podem desenvolver sinais visíveis de podridão em 24 horas, a 22,2° C. Este trabalho teve como objetivo determinar o método mais eficaz para o controle da podridão-parda na pós-colheita. Os frutos (cv Chimarrita) foram colhidos no estágio de maturação fisiológica com selecionados considerando-se a ausência de injúrias visuais e infecções, bem como uniformidade de tamanho e cor. No primeiro experimento foram utilizados frutos verdes e maduros, sem ferimento e feridos mecanicamente, totalizando 60 frutos, mergulhados em solução hipoclorito de sódio a 0,5% por um minuto e avaliados por sete dias começando no dia seguinte da instalação do experimento. No segundo experimento foram utilizados 100 frutos (dez com ferimento e dez sem ferimento para cada solução testada). Os frutos foram mergulhados por dois minutos nas soluções de diclogonato de clorexidina (0,5%); Extrato de agrião, água aromática de camomila e por um minuto na solução de hipoclorito de sódio (0,5%), e secos na temperatura ambiente. As avaliações foram realizadas por sete dias consecutivos, começando no dia seguinte após a instalação do experimento. A solução que apresentou maior controle da doença foi a água aromática de camomila.

**Palavras-chave:** Podridão parda, controle fitossanitário

---

<sup>1</sup> Eng. Agrônoma, mestranda do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, da UFPR, na linha de pesquisa Fitossanidade e Impacto Ambiental;

<sup>2</sup> Eng. Agrônoma - Profª. Drª, orientadora, do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da UFPR;

<sup>3</sup> Eng. Agrônoma - Profª. Drª, co-orientadora, do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da UFPR.

ANEXO 11 – Amostra de água de camomila recuperada (condensado) em processo simultâneo à secagem, submetida a testes acelerados de estabilidade de longo prazo, monitorando-se periodicamente o potencial hidrogeniônico (pH), quando da utilização de diferentes conservantes e condições de temperatura. Trabalho não publicado, Curitiba, PR. 2005

Tempo (dias)	40° C	50° C	- 5° C	Ambiente (22° C)
<b>Ác. Benzoico a 0,3%</b>				
7	5,8	5,8	5,6	5,8
14	5,8	5,8	5,6	5,8
21	5,8	5,8	5,5	5,8
30	5,8	5,8	5,5	5,8
60	5,8	5,8	5,5	5,8
<b>Metilparabeno 5% + Propilparabeno 5%</b>				
7	5,8	5,8	5,8	5,8
14	5,8	5,8	5,8	5,8
21	5,8	5,8	5,8	5,8
30	5,8	5,8	5,7	5,8
60	5,8	5,8	5,7	5,8
<b>Butilhidroxitolueno (BHT) 0,5%</b>				
7	5,8	5,8	5,8	5,8
14	5,8	5,8	5,8	5,8
21	5,8	5,8	5,8	5,8
30	5,8	5,8	5,7	5,8
60	5,7	5,8	5,7	5,7

ANEXO 12.1 – Análise de sanidade e impurezas da camomila [*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert] – amostra 1 – coletada no município de Mandirituba Região Metropolitana de Curitiba. Dados não publicados, Curitiba, PR. 2003

DEPARTAMENTO DE ENTOMOLOGIA, FITOPATOLOGIA E ZOOLOGIA AGRÍCOLA  
ESALQ/USP  
LABORATÓRIO DE ANÁLISE DE SANIDADE DE SEMENTES  
CREDENCIADO PELO MINISTÉRIO DA AGRICULTURA (LANARV)  
PORTARIA Nº 08 de 13/07/89

### BOLETIM DE ANÁLISE DE SANIDADE DE SEMENTES

REMETENTE: Marcos A. Dalla Costa  
ENDEREÇO: R. Presidente Castelo Branco, 340  
CIDADE / ESTADO: Mandirituba / PR  
AMOSTRA RECEBIDA EM: -0-  
DATA DA ANÁLISE: 18 / 12 / 02  
NÚMERO DE SEMENTES TESTADAS: 400


ESPÉCIE / CULTIVAR: Camomila  
SAFRA: -0-  
LOTE Nº: -0-  
AMOSTRA Nº: 01  
REPRESENTATIVA DE: -0-

#### MICROORGANISMOS DETECTADOS:

MICROORGANISMOS	Sementes (%)	Impurezas (%)	DOENÇA
<i>Aspergillus</i> spp.	zero	0,5	Podridão de Sementes
✶ <i>Alternaria</i> sp.	0,5	1,8	Mancha de Alternaria
<i>Penicillium</i> sp.	0,2	1,2	Podridão de Sementes

OBSERVAÇÕES: O método utilizado para detecção dos fungos citados acima foi o do Papel de Filtro padrão.

A PRESENTE ANÁLISE TEM SEU VALOR RESTRITO A  
AMOSTRA ENTREGUE NO LABORATÓRIO.  
A IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA É DE EXCLUSIVA  
RESPONSABILIDADE DO REMETENTE

  
Maria Heloisa Duarte de Moraes  
CREA - 92778/D  
Laboratório de Patologia de Sementes  
ESALQ/USP

ANEXO 12.2 – Análise de sanidade e impurezas da camomila [*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert] – amostra 2 – coletada no município de Mandirituba Região Metropolitana de Curitiba. Dados não publicados, Curitiba, PR. 2003

DEPARTAMENTO DE ENTOMOLOGIA, FITOPATOLOGIA E ZOOLOGIA AGRÍCOLA  
ESALQ/USP  
LABORATÓRIO DE ANÁLISE DE SANIDADE DE SEMENTES  
CREDENCIADO PELO MINISTÉRIO DA AGRICULTURA (LANARV)  
PORTARIA Nº 08 de 13/07/89

BOLETIM DE ANÁLISE DE SANIDADE DE SEMENTES

REMETENTE: Marcos A. Dalla Costa  
ENDEREÇO: R. Presidente Castelo Branco, 340  
CIDADE / ESTADO: Mandirituba / PR  
AMOSTRA RECEBIDA EM: -0-  
DATA DA ANÁLISE: 18 / 12 / 02  
NÚMERO DE SEMENTES TESTADAS: 400

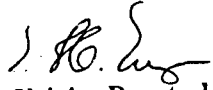
ESPÉCIE / CULTIVAR: Camomila  
SAFRA: -0-  
LOTE Nº: -0-  
AMOSTRA Nº: 02  
REPRESENTATIVA DE: -0-

MICROORGANISMOS DETECTADOS:

MICROORGANISMOS	Sementes (%)	Impurezas (%)	DOENÇA
<i>Aspergillus</i> spp.	zero	zero	Podridão de Sementes
<i>Alternaria</i> sp.	zero	0,8	Mancha de Alternaria
<i>Penicillium</i> sp.	zero	zero	Podridão de Sementes

OBSERVAÇÕES: O método utilizado para detecção dos fungos citados acima foi o do Papel de Filtro padrão.

A PRESENTE ANÁLISE TEM SEU VALOR RESTRITO A  
AMOSTRA ENTREGUE NO LABORATÓRIO.  
A IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA É DE EXCLUSIVA  
RESPONSABILIDADE DO REMETENTE

  
Maria Heloisa Duarte de Moraes  
CREA - 92778/D  
Laboratório de Patologia de Sementes  
ESALQ/USP

ANEXO 12.3 – Análise de sanidade e impurezas da camomila [*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert] – amostra 3 – coletada no município de Mandirituba Região Metropolitana de Curitiba. Dados não publicados, Curitiba, PR. 2003

DEPARTAMENTO DE ENTOMOLOGIA, FITOPATOLOGIA E ZOOLOGIA AGRÍCOLA  
ESALQ/USP  
LABORATÓRIO DE ANÁLISE DE SANIDADE DE SEMENTES  
CREDENCIADO PELO MINISTÉRIO DA AGRICULTURA (LANARV)  
PORTARIA Nº 08 de 13/07/89

BOLETIM DE ANÁLISE DE SANIDADE DE SEMENTES

REMETENTE: Marcos A. Dalla Costa  
ENDEREÇO: R. Presidente Castelo Branco, 340  
CIDADE / ESTADO: Mandirituba / PR  
AMOSTRA RECEBIDA EM: -0-  
DATA DA ANÁLISE: 18 / 12 / 02  
NÚMERO DE SEMENTES TESTADAS: 400


ESPÉCIE / CULTIVAR: Camomila  
SAFRA: -0-  
LOTE Nº: -0-  
AMOSTRA Nº: 03  
REPRESENTATIVA DE: -0-

MICROORGANISMOS DETECTADOS:

MICROORGANISMOS	Sementes (%)	Impurezas (%)	DOENÇA
<i>Aspergillus</i> spp. (MMA) ARMAH(IV)²/11	6,5	2,5	Podridão de Sementes
<i>Alternaria</i> sp.	0,5	zero	Mancha de Alternaria
<i>Fusarium</i> spp.	0,5	zero	-0-
<i>Penicillium</i> sp.	1,5	2,0	Podridão de Sementes

OBSERVAÇÕES: O método utilizado para detecção dos fungos citados acima foi o do Papel de Filtro padrão.

A PRESENTE ANÁLISE TEM SEU VALOR RESTRITO A  
AMOSTRA ENTREGUE NO LABORATÓRIO.  
A IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA É DE EXCLUSIVA  
RESPONSABILIDADE DO REMETENTE

  
Maria Heloisa Duarte de Moraes  
CREA - 92778/D  
Laboratório de Patologia de Sementes  
ESALQ/USP



ANEXO 12.4 – Análise de sanidade e impurezas da camomila [*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert] – parecer – coletada no município de Mandirituba Região Metropolitana de Curitiba. Dados não publicados, Curitiba, PR. 2003

DEPARTAMENTO DE ENTOMOLOGIA, FITOPATOLOGIA E ZOOLOGIA  
AGRÍCOLA – ESALQ/USP  
LABORATÓRIO DE ANÁLISE DE SANIDADE DE SEMENTES  
CREDENCIADO PELO MINISTÉRIO DA AGRICULTURA (LANARV)  
PORTARIA Nº 08 DE 13 / 07 / 89

Piracicaba, 16 de janeiro de 2003

Ilmo. Sr.

Marcos Dalla Costa

Mandirituba / PR

Prezado Senhor

Venho por meio desta enviar os boletins de sanidade de sementes e impurezas de Camomila.

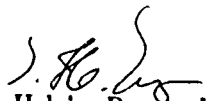
Gostaria de salientar que não existe literatura indicando se os fungos detectados são agentes causais de doenças importantes para a cultura. O fungo *Alternaria* sp. encontrado é o mesmo que vem causando problemas para vocês. A espécie provável é *A. multirostrata*, fazendo-se necessário uma análise mais profunda para termos certeza.

Importante é você alertar os produtores para o fato de o patógeno estar presente nas e nas impurezas. A limpeza do lote antes da semeadura deve ajudar a diminuir o inóculo que vai para a área.

Estamos verificando a possibilidade de efetuarmos o tratamento térmico das sementes para controle desse fungo. Você já conseguiu alguma orientação para tratamento das plantas? AMOS GAMA (RADIAÇÃO)

Sem mais para o momento, coloco-me à disposição para qualquer esclarecimento que se faça necessário. Se você preferir ligar estou à disposição.

Atenciosamente

  
Maria Heloisa Duarte de Moraes  
CREA - 92778/D  
Laboratório de Patologia de Sementes  
ESALQ/USP